DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 19. September 1913. Heft 38.

Elektrische Momentphotographie.

Von Prof. Dr. Br. Glatzel, Berlin-Charlottenburg.

Die Momentphotographie hat in neuerer Zeit mehr und mehr an Bedeutung gewonnen nicht zum wenigsten dank der glänzenden Entwicklung der praktischen Optik, welcher wir die modernen lichtstarken Objektive verdanken. So lassen sich bei heller Beleuchtung schon gute Aufnahmen in etwa $^1/_{1000}$ Sekunde herstellen. Derartige Momentaufnahmen genügen für die Bedürfnisse des praktischen Lebens vollkommen, um auch von den schnellsten vorkommenden Bewegungen, z. B. bei Rennen, noch scharfe Bilder herstellen zu können. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen, insbesondere auf dem Gebiete der Ballistik, genügen jedoch diese Methoden der Momentphotographie nicht mehr. Hier haben wir es mit für das Auge unsichtbaren

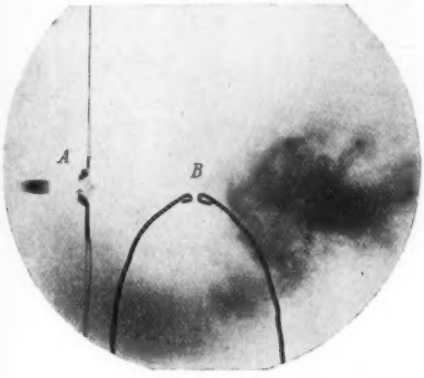

Fig. 1. Schußauslösung.

Vorgängen zu tun, da sie sich in erheblich kürzeren Zeiträumen abspielen. So bewegt sich z. B. das Geschoß des Infanteriegewehrs mit etwa 890 m/Sek. In der Zeit von $1{,}1 \cdot 10^{-7}$ Sek. wird dementsprechend ein Weg von $^1/_{10}$ mm zurückgelegt. Nimmt man also selbst diese immerhin nicht unbeträchtliche Unschärfe mit in Kauf, so darf bei Abbildung in gleicher Größe die Dauer der Momentbelichtung die Zeit von etwa einer zehnmilliontel Sekunde nicht überschreiten. Es ist ohne weiteres klar, daß sich derartig kurze Belichtungszeiten mit mechanisch betätigten Momentverschlüssen nicht erreichen lassen. Man mußte also, um auch auf dem Gebiete der Ballistik die Momentphotographie anwenden zu können, zu gänzlich anderen Methoden übergehen. Da mechanische Verschlüsse, wie wir gesehen haben, nicht in Frage kommen können, so blieb nur der Weg übrig, an Stelle der Dauerbeleuchtung kurze Lichtblitze zu setzen, welche so kurze Zeit andauern, daß innerhalb ihrer Brennzeit keine merkliche Bewegung des aufzunehmenden Gegenstandes eintritt. Blitzpulver, wie sie häufig beim Fehlen einer natürlichen Beleuchtung angewendet werden, kamen ebenfalls nicht in Frage, da deren Brenndauer verhältnismäßig groß ist und je nach der Zusammensetzung zwischen $^1/_{100}$ und $^1/_{500}$ Sek. liegt. Die für ballistische Zwecke erforderlichen außerordentlich kurzen Lichtblitze kann man dagegen erhalten, wenn man als Lichtquelle den elektrischen Funken verwendet. Es war daher für die wissenschaftliche Forschung von großer Bedeutung, als es zuerst im Jahre 1887 *E. Mach* gelang, durch geeignete elektrische Anordnung Funkenphotographien herzustellen. Die Funken wurden durch Entladung von Leidener Flaschen erzeugt, wobei *Mach* durch besondere sehr sinnreiche Vorrichtungen die Auslösung der Beleuchtungsfunken im geeigneten Moment bewirkte. Diese Methoden haben dann im Laufe der Jahre noch zahlreiche Abänderungen und Verbesserungen insbesondere durch *C. Cranz*[1]) erfahren, auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann. Eine dieser Auslösungsmethoden, welche den sich abspielenden Vorgang am besten erkennen läßt, soll jedoch an der Hand der Fig. 1 beschrieben werden. In die Primärleitung eines Induktoriums ist ein Draht eingeschaltet, welcher in der Mitte ein Staniolblättchen *A* trägt. Dieses wird so vor der Mündung der Waffe aufgestellt, daß es von dem fortfliegenden Geschoß getroffen und zerrissen wird. Die Sekundärwicklung des Induktoriums ist unter Zwischenschaltung einiger Leidener Flaschen zu den Elektroden der Beleuchtungsfunkenstrecke *B* geführt, die man sich natürlich nicht in der Ebene der Figur, sondern weiter vorn zu denken hat. Hinter der Ebene der Geschoßbahn wird der photographische Apparat aufgestellt und zwar so, daß die Auslösevorrichtung sich an der richtigen Stelle im Gesichtsfeld, auf die scharf eingestellt ist, befindet. Sobald nun der Schuß gelöst und der Staniolstreifen von dem fliegenden Geschoß zerrissen wird, entsteht in der Sekundärwicklung des Induktoriums eine hohe elektromotorische Kraft, welche an der Stelle *B* den Beleuchtungsfunken hervorruft, der seinerseits das Geschoß *G* im Fluge photographiert. Die in der Abbildung erkennbare Verzögerung zwischen dem Unterbrechen des Primärstromes und dem Auftreten des Beleuchtungsfunkens ist dabei auf die Wirkung der Selbstinduktion des Induktoriums und der Kapazität der sekundär angeschlossenen Leidener Flaschen zurückzuführen. Nach dieser Methode entsteht allerdings nur, im Gegensatz zu den sonst üblichen Momentaufnahmen ein Schattenbild des bewegten Gegenstandes, jedoch war dies zunächst für die ballistischen Untersuchungen vollkommen ausreichend. Nach diesem Verfahren hat *Cranz* eine große Anzahl interessanter Aufnahmen

[1]) *C. Cranz*, Lehrbuch der Ballistik, Bd. *III*, experimentelle Ballistik. Leipzig, Teubner, 1913.

gemacht, welche zum ersten Male vollkommenen Aufschluß über die Tätigkeit der Waffen beim Schuß gaben. Eine derartige Aufnahme einer Selbstladepistole, bei welcher nach dem Schuß die Hülse automatisch ausgeworfen wird, ist in Fig. 2[1]) wiedergegeben. Dadurch, daß man die Auslösevorrichtung in verschiedenen Entfernungen von der Mündung anbringt, kann man dann, wie es zuerst

Fig. 2. Selbstladepistole. Auswerfen der Hülse.

Cranz und *Koch* getan haben, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bewegungsmomenten festlegen und auf diese Weise Serienaufnahmen herstellen, welche ein kinematographisches Bild des Vorganges liefern. Allerdings ist hierbei für jede Aufnahme ein Schuß erforderlich, was das Verfahren immerhin etwas kompliziert und naturgemäß auch für die Anfertigung eines kinematographischen Films ungenau macht, da z. B. das Auswerfen der Hülse nicht bei jedem Schuß in gleicher Weise vor sich geht. Wie diese Schwierigkeit beseitigt worden ist, wird weiter unten angegeben werden. Zunächst sollen jedoch noch einige andere Anwendungen des *Schattenverfahrens* geschildert werden, welche zu physikalisch sehr interessanten Aufnahmen geführt haben. Kombiniert man nämlich die von *Töpler* angegebene Schlierenmethode mit der Funkenphoto-

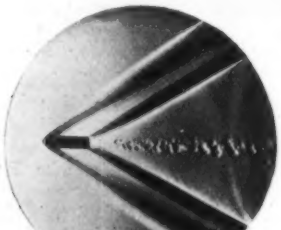

Fig. 3. Luftschlieren nach *Mach-Töpler*.

graphie, so kann man auch die in der Umgebung des fliegenden Geschosses sich ausbildenden Luftwellen und -wirbel photographisch festhalten. Zu diesem Zweck wird z. B. mit Hilfe eines Hohlspiegels ein scharfes Bild des Beleuchtungsfunkens auf dem Objektiv des Aufnahmeapparates entworfen. An dem Objektiv ist die Töplersche Schlierenblende angebracht, welche fast das ganze direkte Funkenlicht abblendet. Der Apparat selbst ist auf die Ebene der Geschoßbahn eingestellt. Fliegt nun das Geschoß durch den Lichtkegel, so wird in den entstehenden Luftwirbeln das Licht abgebeugt, gelangt über die Schlierenblende hinweg auf die photographische Platte und erzeugt auf dieser ein Bild des fliegenden Geschosses umgeben von den Luftwellen. Fig. 3 zeigt eine derartige Aufnahme, wie sie zuerst von *Mach* veröffentlicht worden ist. Man sieht nicht nur die Machschen „Kopf- und Schwanzwellen", sondern auch besonders schön die Luftwirbel, welche sich in dem luftverdünnten Raum hinter dem Geschoß ausbilden. Ein anderes Verfahren, welches nicht so empfindlich ist wie die Töplersche Schlierenmethode, aber doch die Luftschlieren sehr schön wiedergibt, rührt von *Dvorschak* her und ist zuerst von *V. Boys*

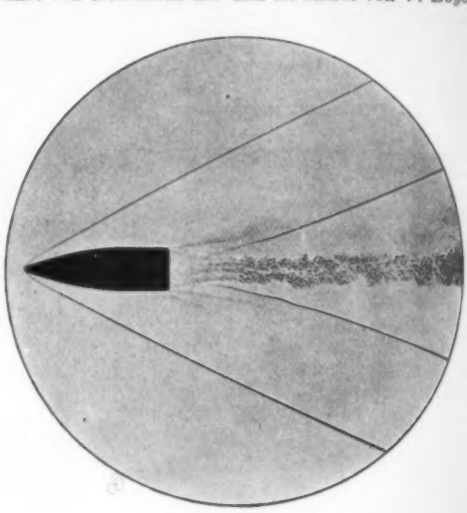

Fig. 4. Schattenschlieren bei dem S-Geschoß.

im Jahre 1896 für ballistische Zwecke verwendet worden. Man bezeichnet es als das „Schattenschlierenverfahren". Bei diesem werden keinerlei Linsen benutzt, sondern nur die photographische Platte in einem geeigneten Abstand hinter dem Geschoß aufgestellt. Die Beleuchtung erfolgt hier zweckmäßig mit einer möglichst punktförmigen Lichtquelle, welche man nach dem Vorgange von *Töpler* dadurch erhält, daß man die Funkenbahn senkrecht zur photographischen Platte anordnet. Man erreicht dann außer einer punktförmigen Lichtquelle bei längeren Funkenstrecken auch noch eine größere Helligkeit, ähnlich wie bei Spektralröhren mit Längsdurchsicht. Nach diesem Verfahren ist Fig. 4[1]) hergestellt, auf welcher die Machschen Wellen besonders schön hervortreten.

[1]) Ich verdanke diese und die späteren Aufnahmen, welche z. T. in dem Lehrbuch von *Cranz* veröffentlicht sind, der Liebenswürdigkeit des Herrn Geheimrat *Cranz*.

[1]) Diese Abbildung und die späteren Aufnahmen mit Vorderbeleuchtung Abb. 5 bis 7 sind einer Arbeit von *C. Cranz, P. A. Günther, F. Külp*, erschienen in „Schuß und Waffe", 15. Juli 1913, entnommen.

Bei all den bisher geschilderten Verfahren haben wir es, wie bereits erwähnt, lediglich mit Schattenbildern zu tun. Wenn sich nun auch diese Aufnahmen zur Untersuchung ballistischer Vorgänge als außerordentlich fruchtbar erwiesen hatten, so war es doch für besondere Zwecke wünschenswert, die Erscheinungen auch von der Vorderseite aus beobachten zu können, also Momentaufnahmen mit Vorderbeleuchtung herzustellen, welche in ihrem Aussehen durchaus den üblichen Photographien entsprachen. Zum erstenmal waren derartige Aufnahmen mit Vorderbeleuchtung im Jahre 1909 von *C. Cranz*[1]) hergestellt worden und zwar unter Benutzung einer Quecksilberbogenlampe, durch welche eine Funkenentladung hindurchgeschickt wurde. Später hat dann auch *Boas* ähnliche Aufnahmen, u. a. ein rotierendes Rad, welches er mittels eines Scheinwerfers durch einen Funken beleuchtete, aufgenommen. Bedingung für die Erzielung guter Aufnahmen ist dabei die Verwendung hinreichend kräftiger Entladungsfunken, welche man nur durch Benutzung sehr großer Kapazitäten bei genügender Funkenlänge erhalten kann. Da nun sehr lange

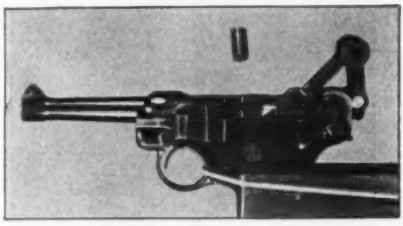

Fig. 5. Parabellumpistole nach dem Schuß. (Vorderbeleuchtung.)

Funken bei den sich entladenden großen Elektrizitätsmengen leicht eine im Sinne der ballistischen Momentphotographie zu lange Belichtungsdauer ergeben können, so haben, wenn es sich um die Beleuchtung größerer Flächen handelte, bei ihren neuesten Aufnahmen *Cranz, Günther* und *Külp*[2]) das Verfahren der Unterteilung langer Funkenstrecken angewendet, wobei sie gleichzeitig noch den Vorteil einer gleichmäßigeren Beleuchtung der gesamten Fläche erreichten. Die Fig. 5 zeigt die Aufnahme einer Parabellum-Selbstladepistole nach dem Schuß, wobei die Auslösung des Beleuchtungsfunkens etwa 350 cm von der Mündung entfernt erfolgte. Auch hier sieht man wiederum das Auswerfen der leeren Patronenhülse. Eine andere Aufnahme, die in Fig. 6a und 6b wiedergegeben ist, veranschaulicht die Explosivwirkung eines modernen S-Geschosses in feuchtem Ton. Fig. 6a zeigt die Tonkugel vor, Fig. 6b nach dem Schuß. In den vier Ecken des Kastens, in welchem die Tonkugel steht, sind die vier Beleuchtungsfunkenstrecken, welche, wie bereits oben erwähnt, hintereinander geschaltet sind, angebracht.

[1]) *C. Cranz*, Zeitschr. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen *4*, p. 323, 1909.
[2]) *C. Cranz, P. A. Günther, F. Külp*, l. c.

Sehr interessant in bezug auf die Explosivwirkung von Geschossen ist auch die Aufnahme der Fig. 7, bei welcher eine mit Wasser gefüllte frei aufgehängte Gummiblase durchschossen wurde. Das Geschoß hat hierbei die Gummiblase von rechts nach links durchdrungen und gerade auf der linken Seite das Gesichtsfeld verlassen. Diese Methode der Vor-

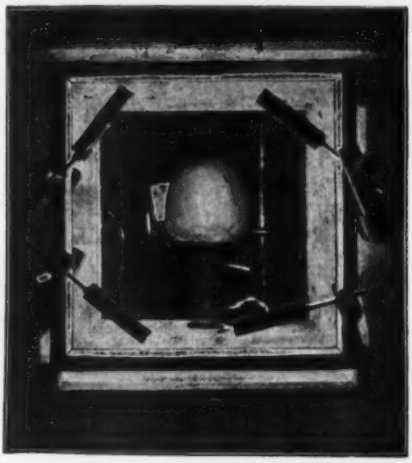

Fig. 6a. Tonkugel vor Schuß.

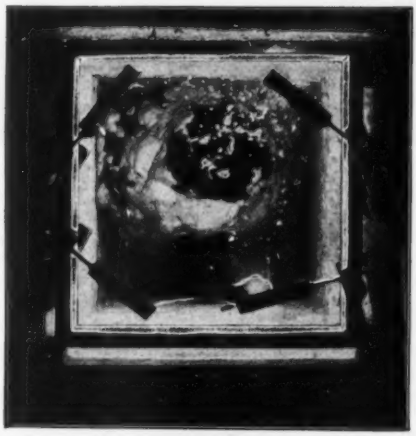

Fig. 6b. Tonkugel nach Schuß.

derbeleuchtung, für die hier nur einige Beispiele gegeben werden konnten, dürfte noch viele Anwendungsmöglichkeiten auf ballistischem sowohl wie auch auf physikalischem Gebiete haben, so daß diese von *Cranz, Günther* und *Külp* ausgearbeitete Methode eine recht wertvolle Bereicherung unserer experimentellen Hilfsmittel darstellt.

Kehren wir nun zunächst wieder zu der Funkenphotographie nach dem Schattenverfahren zurück, bei welcher wir mit geringeren Energiemengen im Funken arbeiten können. Wir hatten dabei ge-

sehen, daß es möglich ist, durch geeignete Kombination zeitlich verschiedener Aufnahmen die sich abspielenden Vorgänge kinematographisch wiederzugeben. Ein Nachteil dieser zusammengestellten Serienaufnahmen war aber, daß bei ihnen eine große Anzahl von Einzelschüssen ausgeführt wurde. Viel zweckmäßiger mußte es sein, wenn man von einem einzigen Schuß eine größere Reihe von Momentaufnahmen herstellen konnte. Das war möglich, wenn man die ruhende photographische Platte verließ, zum rotierenden Film überging und gleichzeitig an Stelle *eines* Funkens eine größere Anzahl in regelmäßigen, sehr kurzen Abständen aufeinander folgender Funken verwendete. Der Film selbst konnte dabei verhältnismäßig schnell rotieren, da man die Zeitdauer eines Funkens so kurz machen kann, daß innerhalb derselben der Film als praktisch vollkommen stillstehend anzusehen ist.

Fig. 7. Durchschießung einer wassergefüllten Gummiblase.

Derartige kinematographische Aufnahmen wurden zuerst im Jahre 1903 von *Schwinning* hergestellt, welcher zehn aufeinander folgende Bilder in der Weise erzielte, daß er eine Anzahl Leidener Flaschen nacheinander in bestimmten Zeitabständen über die Beleuchtungsfunkenstrecke entlud und so mehrere Momente desselben Schußvorganges festhalten konnte. Immerhin war die Zahl der Funken pro Sekunde, die „Funkenfrequenz" noch gering. Zu höheren Werten kam *L. Bull*, welcher in dem Institut von *Marey* zu Paris eine Methode ausarbeitete, bei welcher durch einen geeigneten Unterbrecher im Primärkreis eines Induktoriums 2000 Beleuchtungsfunken pro Sekunde erzeugt werden konnten. *Bull* verwendete diese Methode, um die Vorgänge beim Libellenflug und bei der Durchschießung von Seifenblasen zu studieren. Da aber auch diese Funkenfrequenz für ballistische Zwecke noch zu gering war, so bedeutete es einen erheblichen Fortschritt, als es *Cranz* [1]) gelang, mit seinem ballistischen Kinematographen 800 Bilder desselben Vorganges mit einer Bildfrequenz von 5000 herzustellen. Erst jetzt wurde eine wirkliche kinematographische Wiedergabe ballistischer Vorgänge möglich. *Cranz* erzeugte die hohen Funkenzahlen mit einer von der Firma *Boas* gebauten hochperiodischen Wechselstrommaschine, welche einen Boasschen Resonanzinduktor speiste, der seinerseits die Sekundärkapazität so auflud, daß in einer parallel geschalteten Funkenstrecke pro Halbperiode eine Entladung einsetzte. Da die Wechselstrommaschine 2500 Perioden besaß, erhielt *Cranz* auf diese Weise 5000 Funken pro Sekunde, welche in vollkommen regelmäßigen Abständen entsprechend den Maximis der einzelnen Halbperioden aufeinander folgten. Mit der gleichen Anordnung ließen sich dann auch zur Aufnahme langsamerer Vorgänge 2500 Funken pro Sekunde erzielen, wenn man die Funkenstrecke auf

Fig. 8. Durchschießung einer Tonkugel.

eine etwas größere Länge einstellte, so daß die Überschlagsspannung stets erst nach Ablauf einer vollen Periode erreicht wurde. Die Filmgeschwindigkeit, mit welcher bei diesen Aufnahmen gearbeitet wurde, betrug etwa 120 m pro Sekunde. Bei den Aufnahmen selbst zeigte sich nun zunächst eine gewisse Unschärfe, welche darauf zurückzuführen war, daß die einzelnen Funken nicht kurz genug waren. Die Funkenstrecke blieb nämlich bei diesen immerhin schon hohen Funkenzahlen und bei der verhältnismäßig großen Energie, welche zur Verwendung gelangte (bis zu 4 KW), etwas ionisiert, so daß die Funken nicht scharf abrissen. Es gelang *Cranz* jedoch auch diese Schwierigkeit dadurch zu beseitigen, daß die Elektroden kräftig gekühlt und von einem starken Luftstrom angeblasen wurden, welcher alle leitenden Metallteilchen schnell aus der Funkenbahn entfernte. Es zeigte sich übrigens später, daß dieses Verfahren des Anblasens der Funkenstrecke auch genügend wirksam ist, wenn man zu noch weit höheren Funkenfrequenzen, bis zu 100 000 hinaufgeht. Ein Beispiel für derartige Aufnahmen stellt Fig. 8 dar. In dieser ist die

[1]) *C. Cranz*, Zeitschr. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen 4, 321, 1909; Deutsche Mechan. Ztg. 1909, S. 173.

Durchschießung einer Tonkugel wiedergegeben. Das Geschoß G tritt in Bild 1 gerade auf der linken Seite in das Gesichtsfeld hinein, erreicht in Bild 2 die Tonkugel (Einschuß) und verläßt sie dann in Bild 3 wieder (Ausschuß). Bild 4 zeigt dann die nach dem Fortfliegen des Geschosses noch weiter fortschreitende Explosionswirkung, welche nach einiger Zeit, wie die späteren Momenten entsprechenden Aufnahmen auf der rechten Seite der Figur zeigen, zu einer völligen Zerstörung der Tonkugel führt.

Aber dieses Verfahren, das immerhin schon vorzügliche Resultate geliefert hatte und für die Mehrzahl aller ballistischen Vorgänge auch durchaus zureichend war, besaß doch insofern noch einen Mangel, als es nur schwer möglich war, die Bildfrequenz innerhalb weiterer Grenzen zu ändern, da man naturgemäß an die Periodenzahl der Wechselstrommaschine und die durch sie bedingte Abstimmung des Resonanzinduktors gebunden war. Gleichzeitig war noch das Bedürfnis vorhanden, für spezielle Untersuchungen der Geschoßbewegung Bildfrequenzen von 80—90 000 herzustellen. Nach längeren Vorversuchen gelang es, eine für diesen Zweck geeignete Methode auszuarbeiten, welche im Jahre 1912 von *Cranz* und mir [1]) beschrieben wurde. Ein Hauptvorzug der Anordnung war, daß sie eine Veränderung der Bildfrequenz innerhalb sehr weiter Grenzen, nämlich von 200 bis etwa 100 000, ermöglichte. Bevor ich jedoch auf nähere Einzelheiten eingehe, mag noch der Vollständigkeit halber auf die Methode von *Schatte* [2]) hingewiesen werden, welche ebenfalls die Erzielung hoher Funkenzahlen gestattet — es wurden Aufnahmen mit Bildfrequenzen bis zu 50 000 ausgeführt. Das Prinzip war folgendes: Eine große Kapazität wird durch eine Influenzmaschine aufgeladen und bildet dann das Reservoir, aus dem ein zweiter Kreis, bestehend aus einer kleinen Kapazität mit parallel geschalteter Funkenstrecke gespeist wird. Je nach der Dimensionierung der elektrischen Größen dieses Kreises kann man dann größere oder kleinere Funkenzahlen erhalten. Die Methode besitzt jedoch praktisch insofern einen großen Mangel, als die zur Verfügung stehende Energie nur begrenzt ist, und man infolgedessen in der Beleuchtungsfunkenstrecke keinen, eine längere Zeit andauernden, Funkenstrom erzeugen kann, so daß die Justierung der Optik und die Einstellung der aufzunehmenden Objekte mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft ist. Daß dagegen die von *Cranz* und mir angegebene Methode einen langdauernden, gleichmäßigen Funkenstrom gestattet, halten wir gerade mit Rücksicht auf ihre praktische Verwendbarkeit für einen besonderen Vorzug, abgesehen von einigen anderen Vorteilen elektrischer Natur.

In Fig. 9 ist das Schaltungsschema der Anordnung wiedergegeben. Der Kreis I dient zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen nach dem Prinzip der aperiodischen Stoßerregung in der Weise, wie es zuerst von *Rein* [1]) ausgeführt worden ist. C_1 ist eine große Kapazität, ein oder mehrere Glimmerkondensatoren von 25—100 000 cm, L_1 eine möglichst kleine Selbstinduktion von 1 oder 2 Windungen, und F_1 eine Entladestrecke. Die Aufladung der Kapazität C_1 erfolgt mit Gleichstrom von 600 bis 700 Volt Spannung unter Vorschaltung von Widerständen und Drosselspulen. Wählt man die elektrischen Dimensionen richtig und benutzt vor allem eine Entladestrecke F_1 mit ausgezeichneter Löschwirkung, z. B. die von *Scheller* angegebene Entladestrecke, welche in einer Spiritusatmosphäre arbeitet, so erhält man im Primärkreis eine Art aperiodischer Entladung, die man auch als elektrischen „Stoß" bezeichnen kann. Koppelt man nun mit dem Primärkreis einen Sekundärkreis II, bestehend aus der großen Selbstinduktion L_2 und der entsprechend kleineren Kapazität C_2, so erhält man im Kreise II elektrische Schwingungen, durch welche C_2 so hoch aufgeladen wird, daß in einer zu ihr parallel geschalteten Funkenstrecke F_2 Funken übergehen. Bei passender Länge der Funkenstrecke kann man es erreichen, daß durch jeden Stoß im Primärkreis eine Entladung in F_2 hervorgerufen

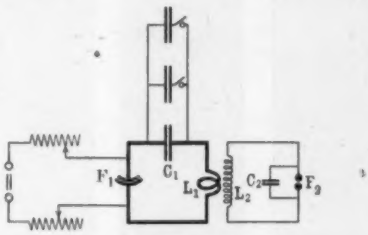

Fig. 9. Elektrische Anordnung, Schaltungsschema.

wird. Da nun in der primären Gleichstromquelle dauernd ein großes Elektrizitätsreservoir zur Verfügung steht, aus welchem die Kapazität C_1 sofort nach der Entladung wieder aufgeladen wird, so hat man es in der Hand, die Zahl der Stöße im Primärkreis beliebig zu erhöhen. Je kleiner man C_1 wählt, und je geringer der Elektrodenabstand der Entladestrecke F_1 gemacht wird, um so schneller erfolgt die jeweilige Aufladung der Kapazität und um so schneller folgen die einzelnen Entladestöße aufeinander. Auch durch Verringerung des Widerstandes und der Größe der Drosselspulen in der Zuleitung läßt sich die Entladezahl steigern. Es gelang uns auf diese Weise die Funkenfrequenz innerhalb der Grenzen 200 und 100 000 zu verändern und dadurch zu ermöglichen, kinematographische Aufnahmen sowohl von sehr langsamen wie auch von sehr schnellen Vorgängen herzustellen. Die verwendete optische Anordnung ist in Fig. 10 wiedergegeben. Die Beleuchtungsfunkenstrecke F_2 war vor einem Hohlspiegel angebracht, welcher ein Bild der Funken-

[1]) *C. Cranz* und *Br. Glatzel*, Verhdlg. d. D. phys. Ges. *14*, 525, 1912.

[2]) *J. Schatte*, Zeitschr. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen, *6*, 261, 1911; *7*, 65, 1912.

[1]) *H. Rein*, Phys. Zeitschr. *11*, 591, 1910; Der radiotelegraphische Gleichstromtonsender. Langensalza, Beyer & Söhne. Vgl. a. *Br. Glatzel*, Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Leipzig, Hachmeister & Thal, 1913.

strecke auf dem Aufnahmeobjektiv O entwarf. Dieses bildete seinerseits wieder den an der Stelle P sich abspielenden Vorgang, z. B. bei einem Schuß, auf dem Film ab. Dieser befand sich auf einer

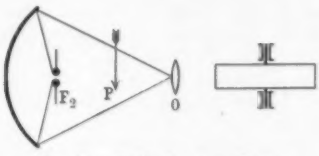

Fig. 10. Optische Anordnung.

rotierenden Trommel, welche mit maximal 9000 Umdrehungen pro Minute betrieben werden konnte. Da, wie bereits erwähnt, durch kräftiges Anblasen der Beleuchtungsfunkenstrecke dafür gesorgt war, daß die

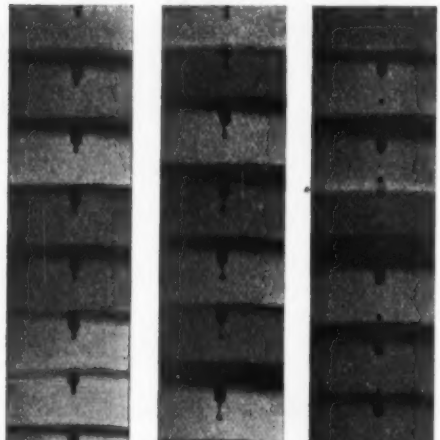

Fig. 11.
Fallender Tropfen. (250.)

deren sich der Vorgang abspielt, mit einer Bildfrequenz von 250. Man erkennt auf dieser Aufnahme sehr schön die zuerst von *Lenard* gefundene Tatsache, daß ein fallender Tropfen Pendelbewegungen ausführt, wobei seine Form zwischen einem Ellipsoid mit horizontaler und einem solchen mit vertikaler Achse wechselt. Fig. 12, welche mit 6400 Funken pro Sekunde aufgenommen ist, zeigt die Durchschießung eines kleinen Holzstückchens, welches vor der Mündung einer Pistole aufgestellt war. Man sieht deutlich, daß der Vorgang der Zersplitterung sich wesentlich langsamer als der eigentliche Schuß abspielt, da das Geschoß das Holzstück längst verlassen hat, während die Zersplitterung noch immer weiter fortschreitet. Auch erkennt man, daß für das Umfallen des Holzstückes eine relativ große Zeit erforderlich ist. Fig. 13 a, b, c stellen Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfrequenzen dar und zwar entspricht Fig. 13 a einer Funkenfrequenz von 56 600, 13 b von 72 000, 13 c von 92 200. Am rechten Rande der Bilder, welche naturgemäß bei der hohen Bildfrequenz und der durch die Festigkeit des Films immerhin beschränk-

Fig. 12.
Durchschießung eines Holzstückes. (6400.)

a) 56 600. b) 72 000. c) 92 200.

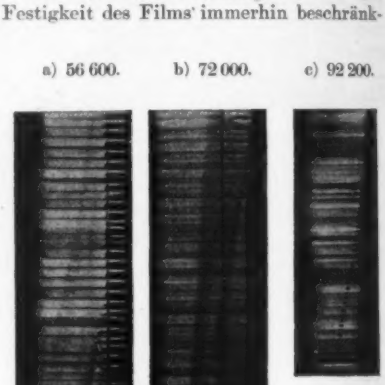

Fig. 13 a b c.
Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfrequenzen.

Zeitdauer jedes Funkens auch gegenüber der schnellsten Filmbewegung noch sehr kurz war, so gelang es, selbst bei den höchsten Bildfrequenzen vollkommen scharfe Bilder zu erzielen. Die Figuren 11 bis 13 geben Beispiele derartig hergestellter Aufnahmen. In Fig. 11 ist ein aus einem Glasrohr fallender Tropfen photographiert und zwar entsprechend der relativ großen Zeitdauer, innerhalb ten Umfangsgeschwindigkeit sehr schmal ausfallen, sieht man gerade noch die Mündung der Pistole mit dem Korn. Aus ihr tritt das Geschoß samt den Pulvergasen aus, wobei man die bereits früher von *Cranz* gemachte Beobachtung wiederum bestätigt findet, daß bei Stahlmantelgeschossen der Abschluß des gezogenen Laufes keineswegs ein vollkommener ist, sondern daß infolge des hohen Gasdrucks im

Innern ein Teil der Pulvergase sich zwischen Wandung und Geschoß hindurchpreßt und auf diese Weise früher als letzteres den Lauf verläßt. Erst einige Zeit später folgt das Geschoß und auf dieses die Hauptmasse der Pulvergase.

Die physiologische Funktion der Pigmentzellen.

Von Prof. Dr. R. F. Fuchs, Breslau.

Die Färbungen der tierischen Organismen, sowie der bei vielen Tieren auffällige Farbenwechsel haben stets die Aufmerksamkeit der Naturforscher und Laien auf sich gelenkt und die verschiedenartigsten Erklärungsversuche gezeitigt. Die allgemeinste Anerkennung hat sich jener Erklärungsversuch der Tierfärbungen erworben, welcher darauf abzielt, die Tierfarben als ein wertvolles Mittel im Kampf ums Dasein anzusehen, indem sie als *Schutzfarben* dienen, oder aber als *Schreckfarben* gedeutet werden und endlich noch insofern der Erhaltung der Art dienen, indem sie als *Schmuckfarben* bei der geschlechtlichen Auslese von Bedeutung sein sollen.

Der Gedanke der Schutzfärbung wurde bereits von *Aristoteles* klar ausgesprochen, indem der große griechische Naturforscher den Farbenwechsel der Tintenfische als eine Anpassung an die Farbe der jeweiligen Umgebung ansah, um einesteils Schutz vor Feinden zu finden, andererseits den Beutetieren unsichtbar zu sein. Außerdem schreibt *Aristoteles* psychischen Erregungen, z. B. Angst und Zorn, einen bedeutenden Einfluß auf die Färbung des Polypen zu. Wenn auch in der Zeit *vor Darwin* dieser Aristotelische Gedanke niemals ganz aus dem Ideenkreis der Naturforscher und Philosophen verschwunden war, so gewann doch erst durch *Darwins* Lehre vom Kampf ums Dasein die Tierfärbung als *Schutzfärbung* eine erhöhte biologische Bedeutung, um das Überleben des am besten an seine Umgebung angepaßten Tieres zu erklären. Die Überzeugungskraft der Darwinschen Selektionslehre war so groß, daß man fast ganz vergaß, sich nach den Fundamenten dieses Auswahlprinzips umzusehen und mit diesem Zaubermittel alle Probleme der Tierfärbung zu lösen hoffte oder schon gelöst zu haben glaubte. Dabei erging es den Naturforschern ähnlich wie den Faustdeutern, von denen *Goethe* in seinen Gesprächen mit *Eckermann* sagte: „Legt ihr nicht aus, so legt ihr unter."

Befangen in der Zaubergewalt der Darwinschen Selektionsidee hatte man ganz und gar vergessen, daß uns die Selektionshypothese absolut keine Kenntnis von dem *Mechanismus* der Tierfärbung und des Farbenwechsels zu bieten vermag. Denn diese Hypothese konnte niemals eine Erklärung darüber geben, durch welche Faktoren die Tierfärbung zustande kam. Ferner blieb sie uns die Antwort auf die Fragen schuldig, wann und welche Färbungen *Selektionswert erlangen* konnten, und warum andere Färbungen *keinen* Selektionswert erlangten. Die Anhänger der Selektionslehre begnügten sich damit, die Tierfarben als etwas Gegebenes hinzunehmen und damit weiter zu operieren, um mit Hilfe von *wertenden* Urteilen eine Reihe biologischer Erscheinungen zu erklären. Damit verließen diese Forscher den Boden der rein naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise, welche nach *Rickert* die *wertfreie* Betrachtung der Dinge ist, und wandten sich der *historischen*, wertenden Betrachtung zu, indem sie die Begriffe Gut und Böse, Nützlich und Schädlich in ihren Urteilen verwandten, während die Naturwissenschaft *jenseits* von Gut und Böse steht. So wurde das ganze Problem zu einem naturgeschichtlichen. Die Naturgeschichte selbst kann aber niemals eine *kausalanalytische* Erklärung eines Naturgeschehens geben, da sie die *Mechanik* des Lebensprozesses nicht in den Kreis ihrer Analyse einbezieht.

Trotz des Siegeszuges der Selektionstheorie und der Schutzfärbungshypothese hat es aber nicht an gewichtigen Stimmen — ich nenne nur *Semper* — gefehlt, die mit allem Nachdruck darauf hinwiesen, daß die Zuchtwahl niemals das *Entstehen* der Farben erklären könne, und daß aus inneren physiologischen, allerdings noch unbekannten Ursachen eine bestimmte Anordnung und Ablagerung der Farbstoffe in verschiedenen Teilen der Haut, ganz charakteristische Zeichnungen zustande kommen, mit deren Entstehung die Selektion nichts zu tun haben kann.

Nur die *physiologische* Forschung ist imstande, uns eine befriedigende Grundlage zur *mechanistischen* Erklärung des ganzen großen Fragenkomplexes der Tierfärbung zu bieten. Leider haben die Fachphysiologen mit wenigen Ausnahmen — *Brücke, Biedermann, Fredricq* und wenige andere — der Physiologie der Tierfärbung viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt und das Gebiet den Anatomen und Zoologen fast ganz überlassen, so daß gerade die physiologischen Grundlagen des Färbungsproblems nicht entsprechend ausgebaut worden sind.

Die Tierfärbung kommt durch sehr verschiedene Anordnung der Farbstoffe im Organismus zustande, wobei die einfachste Stufe die zu sein scheint, wo ein *gelöster Farbstoff* alle Elemente oder einzelne Organe des tierischen Körpers *diffus färbt*. Diese Art von Färbung ist von den Einzelligen angefangen bis zum Menschen zu finden, wie die Muskelfarbstoffe und andere Organfarbstoffe lehren. Dazu gehören auch die verschiedensten respiratorischen Farbstoffe, wie z. B. das Hämoglobin des Blutes, ferner wären hier als Abkömmlinge dieses Farbstoffes die Gallen- und Harnfarbstoffe zu nennen. Obgleich zum Beispiel der Blutfarbstoff sehr wesentlich zur Färbung vieler Tiere beiträgt, wie bei der rosenroten Färbung der Grottenolme, so hat doch niemand diesen Farbstoffen einen Selektionswert im Sinne der *Schutzfärbung* zugesprochen, einfach aus dem Grunde, weil eine gesicherte physiologische Funktion dieser Farbstoffe bekannt ist; wäre das aber nicht der Fall, dann hätten wohl auch diese Färbungen als Schutzfärbungen gegolten.

Eine zweite Art von Färbung kommt durch *Ablagerung von Farbstoffkörnern* in *allen* Zellen des Körpers vor, ohne daß der Farbstoff nur in bestimmten Teilen des Körpers abgelagert wird. Diese Art von Färbung ist gleichfalls in der ganzen Tierreihe anzutreffen. Ja sogar bei Pflanzen ist eine solche Anwesenheit von Farbstoffkörnern (Chromatophoren) bekannt, welche als wesentliche Elemente einer typischen pflanzlichen Zelle anzusehen sind. Diese Ablagerung körnigen Pigmentes in den tierischen Zellen ist zweifellos eine phylogenetisch *sehr alte*, denn sie kommt bereits an der *Eizelle* vor (animaler Pol der pigmentierten Eizelle) und ist auch bei den Embryonen der frühesten Entwicklungsstadien vorhanden. Auch diese diffusen Färbungen haben nichts mit Schutzfärbung zu tun. Vielmehr handelt es sich bei diesen Farbstoffablagerungen um Stoffwechselprodukte, deren physiologische Funktion im Einzelfalle noch nicht genügend erforscht ist. Man darf aber vermuten, daß diese Farbstoffkörner bei den Tieren ebenso wie die Chromatophoren der Pflanzen *der Ausnützung sonst nicht zugänglicher Energieformen dienen*, wie z. B. der Absorption von Licht- und Wärmestrahlen. Dafür spricht auch die von *Leydig* zuerst hervorgehobene Tatsache, daß bei den Amphibieneiern diejenigen *am stärksten pigmentiert sind, welche zuerst im Frühjahr* abgelaicht werden, während die spät laichenden (Mai, Juni) Arten schwach oder unpigmentierte Eier haben, wobei noch der Ort, wo der Laich sich befindet, sowie andere Faktoren von Bedeutung sind.

Endlich kommt es zur *Ausbildung besonderer Zellen*, die das Pigment enthalten, den *Chromatophoren* (nicht identisch mit den Chromatophoren der Botaniker). Es können aber auch noch andere Körperzellen körniges Pigment enthalten, obgleich seine Hauptmasse in den Chromatophoren sich vorfindet. Wenn auch die Mehrzahl dieser Pigmentzellen im Integument (Haut) abgelagert sind, so finden sich doch auch große Mengen von Pigmentzellen in den *inneren Organen*, z. B. in den Hüllen des Zentralnervensystems, an den Blutgefäßwänden, im Verdauungsrohr, in der Leber, in den Keimdrüsen (Eierstöcke). Ja, es gibt sogar Tiere, wo Chromatophoren *nur* in inneren Organen vorkommen, während sie im Integument vollständig fehlen, wie z. B. beim Lanzettfischchen, oder bei dem parasitisch im Darm einer Holothurie lebenden Fische Fierasfer. Alle diese *Pigmentierungen innerer Organe können unmöglich als Schutzfärbungen angesehen werden.* Auch die innigen topographischen Beziehungen der Pigmentzellen zu den Nervenendigungen in der Haut und zu den Sinnesorganen überhaupt, welche beim Auge besonders ausgeprägt sind, lassen sich als Effekte der Schutzfärbung nicht erklären, wohl aber werden diese Beziehungen zu den Nervenendigungen verständlich, wenn wir die Pigmentzellen als *Sensibilisatoren* der Nervenendigungen für Licht ansehen, wie die Sensibilisierungsversuche tierischer Gewebe und Organismen *(Tappeiner, Hertel)* ergeben haben. Speziell *Hertel* hat gezeigt, daß Nervengewebe durch Sensibilisierung mit Farbstoffen für Licht erregbar wird, während es ohne Farbstoff auf Licht nicht reagiert.

Es lag nun nahe, anzunehmen, daß die Pigmentzellen nicht nur Sensibilisatoren für jene Form der strahlenden Energie seien, die wir als *Licht* bezeichnen, sondern daß sie auch jene größeren Wellenlängen, welche wir *Wärmestrahlen* nennen, absorbieren und dadurch dem tierischen Körper nutzbar machen. Ferner war es naheliegend anzunehmen, daß die tierischen Pigmente die Strahlungs- und Leitungsfähigkeit der Haut ändern, also ein *Organ der Temperaturregulierung* darstellen, dessen Vollkommenheit dadurch noch erhöht wird, daß durch die Pigmentzellen eine Verschiedenheit der Färbung ermöglicht wird, indem die Tiere alle möglichen Übergänge zwischen hell und dunkel zu erzeugen vermögen. Durch diese rein physiologische Auffassung der Chromatophoren als Organ der *physikalischen Wärmeregulation* der Organismen scheint mir der ganze Farbenwechsel durch Chromatophoren sowie die *phylogenetische Entstehung des Chromatophorensystems* viel verständlicher geworden zu sein, als es durch die einseitige Schutzfärbunghypothese, welche so viele unbewiesene und vor allem unbeweisbare Voraussetzungen erfordert.

Es sind wohl in der wissenschaftlichen Literatur gelegentlich ähnliche Anschauungen geäußert worden, aber niemals ist der Versuch gemacht worden, eine strenge *Beweisführung* zu liefern, ja alles, was nach dieser Richtung hin geäußert wurde, stützte sich auf unzulängliche oder sogar falsche Annahmen. Daher kann es uns nicht wundern, daß bis heute die herrschende Lehre von Schutzfärbung noch immer als *unwiderlegt* gilt. Im folgenden soll nun noch weiter gezeigt werden, daß die Schutzfärbungshypothese mit den Tatsachen keineswegs im Einklang steht, welche durch die Anschauung, daß die Chromatophoren der Wärmeregulierung dienen, ohne Schwierigkeiten erklärt werden können.

Die erste notwendige Voraussetzung der Möglichkeit einer Schutzfärbung ist ein *Farbensinn der Tiere;* das heißt, daß die Tiere die Farben *als Farben, also entsprechend den Wellenlängen* sehen und nicht nur Intensitäten der Energie, d. h. Helligkeiten unterscheiden. Denn es ist klar, daß, wenn die Tiere farbenblind wären, dann von einer *Farbenanpassung* oder Schutzfärbung nicht gesprochen werden könnte, zum mindesten wären dann alle *Farben überflüssig*, da Helligkeitsunterschiede genau den gleichen Wert hätten, so daß eine Farbenanpassung niemals hätte durch Selektion gezüchtet werden können.

Das Farbensehen der Tiere ist eines der umstrittensten Gebiete der Biologie, vor allem deswegen, weil die Versuche niemals so *exakt quantitativ* ausgeführt worden sind, daß wirklich genaue energetische Auswertungen der Resultate möglich gewesen wären, um Intensitätsreaktionen und solche auf Wellenlängen *mit Sicherheit* voneinander scheiden zu können. Ohne im Detail auf die Frage des Farbensehens der Tiere einzugehen, kann ganz allgemein gesagt werden, daß bei Wirbellosen und

Fischen ein Farbensinn nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte, daß dagegen die übrigen Wirbeltiere einen zum Teil beschränkten Farbensinn besitzen, wie aus den Untersuchungen von *Heß* und anderen hervorgeht. Damit ist einer der Grundpfeiler der Schutzfärbungshypothese gefallen. Denn wenn die *Wirbellosen und Fische farbenblind sind*, wie will man dann das lebhafte Farbenspiel der im Meere lebenden Tiere als Schutzfärbung erklären? Da ferner bei den *Reptilien* und *Vögeln* der Farbensinn wegen der in der Netzhaut vorhandenen Ölkugeln, die als Farbfilter wirken, *beschränkt* ist, so würden eine ganze Reihe von Farben, nämlich die kurzwelligen Lichter vom Blaugrün ab, als Schutzfarben gegen diese Tiere vollständig bedeutungslos sein. Es müßten deshalb infolge der Selektion durch Schutzfärbung *alle Beutetiere der Reptilien und Vögel eine rote bis grüne Färbung annehmen*, oder nur Schutzfärbungen von hell und dunkel zeigen, was tatsächlich nicht der Fall ist. Das gleiche gilt natürlich auch von den *Schmuck-* und *Schreckfarben*, wenn wir von den rein anthropomorphistischen Spekulationen gänzlich absehen wollen, die diesen Deutungen zugrunde liegen. Denn die ganze Lehre von der Schreck- und Schmuckfärbung setzt bei Tieren, die in ihrer Gehirnorganisation sehr niedrig stehen, eine Kette von *logischen Denkoperationen und ästhetischen Urteilen* voraus, welche wir keineswegs als a priori möglich gelten lassen dürfen. Da unsere Kenntnisse über die Tierpsychologie doch noch zu sehr in den Kinderschuhen stecken, scheint es wohl sehr gewagt, den niederen Tieren solche *hochstehenden psychischen Funktionen* zuzuschreiben. Ferner würden viele als Schreckfärbungen gedeuteten Zeichnungen ein sehr *genaues Formensehen* der Tiere erfordern; was wir aber bis jetzt aus Beobachtungen an freilebenden Tieren wissen, spricht vielmehr *gegen* als für ein genaues Formensehen.

Betrachten wir die *Verbreitung des durch Chromatophoren erzeugten Farbenwechsels*, so muß es besonders auffallen, daß erst bei verhältnismäßig hochorganisierten Tieren ein wirklicher Farbenwechsel vorkommt, während die Elemente desselben, die Pigmentzellen, schon bei sehr niedrig stehenden Tieren, den Schwämmen vorhanden sind *(v. Lendenfeld, F. E. Schulze)*. Es hat zwar *v. Uexküll* bei gewissen Seeigeln einen Farbenwechsel im Lichte beschrieben, aber es ist keineswegs sicher, daß dieser Farbenwechsel durch Veränderungen in der Pigmentverteilung innerhalb von Chromatophoren erzeugt wird. Dagegen ist uns bei den zu den Mollusken gehörigen Flossenfüßlern ein sicherer durch Chromatophoren bedingter Farbenwechsel bekannt. Einen Höhepunkt erreicht das Farbenspiel bei den Kopffüßlern (Tintenfische), ferner besitzen die Krebse einen ausgesprochenen Farbenwechsel, während die Insekten zwar Chromatophoren, aber *keinen* durch sie bedingten Farbenwechsel haben. Von den Wirbeltieren besitzen die Fische, Amphibien und Reptilien einen chromatophorischen Farbenwechsel, dagegen fehlt ein solcher den Vögeln und Säugetieren, trotzdem auch bei diesen beiden Klassen zahlreiche Chromatophoren vorhanden sind. Aus dieser Übersicht geht hervor, daß *alle* Tierklassen von den Schwämmen aufwärts zwar Chromatophoren besitzen, aber nur *wenige* einen durch sie bedingten Farbenwechsel.

Ferner ist es wichtig darauf hinzuweisen, daß bei den Tieren zahllose Chromatophoren in der Haut *vorhanden* sind, wo sie für Zwecke der Schutzfärbung *gar nicht in Frage kommen können*, wie bei den Säugetieren und Vögeln, deren Schutzfärbung durch die Behaarung und das Gefieder in ausreichendem Maße gesichert ist, und die sogar durch Sträuben der Haare und Federn bis zu einem gewissen Grade einen Farbenwechsel haben. Da die Pigmentzellen aber unter diesen Bedingungen für die Schutzfärbung nicht in Frage kommen, so müßten sie als physiologisch wertlose Organe der Rückbildung anheimfallen und endlich ganz verschwinden, wenn wirklich die Schutzfärbung die *einzige* Funktion der Pigmentzellen wäre. Gegen eine solche Auffassung sprechen die zahlreichen Beobachtungen *gesteigerter Pigmentbildung* unter physiologischen wie pathologischen Bedingungen; ich führe nur an die gesteigerte Pigmentbildung während der Schwangerschaft oder an Druckstellen des Körpers, wobei von einer Schutzfärbung absolut nicht die Rede sein kann; ebensowenig können die farbigen Menschenrassen jemals durch Schutzfärbung erklärt werden.

Andererseits kennen wir auch zahlreiche Fälle von *verminderter Pigmentbildung*, den partiellen oder totalen Albinismus, die ebenfalls experimentell erzeugt werden können. So haben *Kammerer* sowie *Ogneff* und *Tornier* zum Teil durch Hunger oder durch Schwächung der Protoplasmaenergie infolge mechanischer Insulte bei verschiedenen Amphibien, Reptilien und Fischen künstliche Albinos gezüchtet. Alle diese Tatsachen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das *Pigment ein Stoffwechselprodukt* ist, das unabhängig von jeder Schutzfärbungsbestimmung gebildet wird.

Wie innig die Beziehungen zwischen Tierfärbungen und Stoffwechselvorgängen sind, haben wohl am schlagendsten die Untersuchungen über den periodischen Tag- und Nachtfarbenwechsel verschiedener Krebse gezeigt, indem zur Nachtzeit ein diffuser blauer Farbstoff auftritt, wobei außerdem Veränderungen des Herzschlages, Veränderungen in der Reaktion der Leber und der Muskeln (Auftreten einer Säure) während der Nachtzeit nachgewiesen werden konnte. Das zuerst von *Keeble* und *Gamble* sorgfältig untersuchte Auftreten des blauen Farbstoffes wurde später vielfach bestätigt und *Doflein* geht in seinen Deutungen der ganzen Erscheinung so weit, daß er die Chromatophoren mit Drüsen vergleicht, deren Sekret das Pigment sein soll. Die Bildung des vorhin genannten blauen Farbstoffes faßt *Doflein* als einen Fall von *innerer Sekretion* auf. Inzwischen haben uns aber *Bauers* Untersuchungen darüber belehrt, daß der blaue Farbstoff der Kruster *kein* inneres Sekret im Sinne der Physiologie darstellt, sondern höchstwahrscheinlich ein *intermediäres Stoffwechselprodukt des Fettstoffwechsels* ist, denn mit dem Verschwinden des um die Chromatophoren und in ihren Ästen befind-

lichen blauen Farbstoffes tritt gleichzeitig fein verteiltes Fett in den interzellulären Lücken des Hautepithels auf. Die Umwandlung des blauen Farbstoffes in Fett erfolgt durch das Licht, während in der Dunkelheit sich der Farbstoff ansammelt. *Keeble* und *Gamble* glaubten, daß das Fett photosynthetisch in den Chromatophoren mit Hilfe des Pigmentes gebildet würde, indem sie dem Pigment gewissermaßen die Rolle eines Katalysators zuschrieben. Nach *Bauers* Beobachtungen stellen aber die Chromatophoren nur ein *Lichtfilter* dar, indem sie zweierlei Pigmente, ein gelbes und rotes enthalten. Das rote Pigment ist in der Dunkelheit ausgebreitet und läßt die auf die blaue Substanz stark wirkenden Strahlen wenig oder nicht hindurch, während das im Licht ausgebreitete gelbe Pigment die wirksamen Strahlen allein durchläßt. Da nun der Ausdehnungsgrad der Chromatophoren vom Auge aus reflektorisch reguliert wird, so wird der Wirkungsgrad der Filter je nach der Intensität der Beleuchtung geregelt. Wir haben es hier mit einem Farbenwechsel zu tun, der nichts mit Schutzfärbung gemein hat, einzig und allein im Dienste des *Stoffwechsels* steht.

Vielleicht wird uns auch die Bildung und Bedeutung des vielverbreiteten dunklen Farbstoffes *(Melanins)* als eines Stoffwechselproduktes des Eiweißstoffwechsels später einmal klar, nachdem *v. Fürth* und *Schneider* in der Tyrosinase ein Ferment entdeckt haben, das aus Tyrosin einen den Melaninen zuzuzählenden Körper zu bilden vermag. Es gelang nun *v. Fürth* und *Schneider*, tierische Tyrosinase bei Insekten sowie Krebsen nachzuweisen, ferner *Przibram* und *Weindl* bei Tintenfischen und dem Grottenolm. *v. Fürth* und *Schneider* haben die Vermutung ausgesprochen, daß die physiologische Bildung tierischer Melanine vielleicht auf das Zusammenwirken zweier Fermente zurückzuführen sei. „Durch ein autolytisches Ferment könnte ein aromatischer Komplex aus dem Eiweißmaterial abgespalten und dieser sodann durch eine Tyrosinase in ein Melanin übergeführt werden." In der Pigmentforschung ist vielfach, z. B. von *Jarisch* u. a., die Anschauung vertreten worden, das schwarze Melanin stelle ein *zur Ausscheidung bestimmtes Stoffwechselprodukt* dar, das nur durch die Haut hindurch an die Oberfläche transportiert werde, um daselbst aus dem Tierkörper ausgeschieden zu werden. Durch die Arbeiten von *v. Fürth* und *Schneider* gewinnen diese Anschauungen wieder neuerliches Interesse, weil unter Umständen das fast unangreifbare Melanin ein Produkt des Eiweißstoffwechsels darstellen könnte und bis zu einem gewissen Grade in Parallele gesetzt werden könnte zum blauen Farbstoff der Kruster. Damit eröffnen sich neue Wege über die physiologische Bedeutung des Pigmentes, die weitab von der alten Auffassung von der Schutzfärbung liegen.

Man könnte als einen Einwand gegen meine bisherige Beweisführung geltend machen, daß die Chromatophoren bei Säugetieren und Vögeln, welche in ihrer Form unbeweglich zu sein scheinen, vielleicht *ganz andere Gebilde* seien als die echten Pigmentzellen, welche den Farbenwechsel der Fische, Amphibien und Reptilien bedingen. Aber auch dieser Einwand ist hinfällig, denn es lassen sich auch bei Vögeln und Säugetieren Pigmentzellen finden, die eine vollständige Pigmentkonzentration im Zentrum der Zelle zeigen, während andererseits Zellen angetroffen werden, in denen das körnige Pigment sowohl in dem Zellkörper als auch in den reichverzweigten Fortsätzen gleichmäßig verteilt ist. Ferner sind alle zwischen beiden extremen Stadien gelegenen Pigmentverteilungen bekannt, so daß wir genau die gleichen mikroskopischen Bilder der Pigmentzellen bei allen Wirbeltieren finden. Wir haben demnach kein Recht, den Chromatophoren der Säugetiere und Vögel die Fähigkeit, die Pigmentverteilung in der Zelle ändern zu können, abzusprechen. Es gibt aber auch bei Vögeln zweifellos Pigmentzellen, welche deutliche *Pigmentverschiebungen* auf Belichtung zeigen, nämlich die Chromatophoren der Netzhaut; bei Säugetieren sind die Pigmentverschiebungen der Netzhautchromatophoren geringer. Auch hier versagt die Schutzfärbungshypothese zur Erklärung des Vorhandenseins dieser vollauf funktionierenden Chromatophoren. Allerdings müssen wir zugestehen, daß über die physiologische Bedeutung der Netzhautchromatophoren noch keine Einigkeit herrscht, wenngleich auch absolut feststeht, daß sie mit der Schutzfärbung nichts zu tun haben.

(Schluß folgt.)

Die Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes.

Von Privatdozent Dr. Hans Friedenthal, Nikolassee.

Correns, C., Experimentelle Untersuchungen über Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes.
Goldschmidt, R., Cytologische Untersuchungen über Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes.

Zwei Vorträge gehalten auf der Naturforscherversammlung in Münster, 19. Sept. 1912, herausgegeben in erweiterter Fassung bei Gebr. Borntträger, Berlin.

Bei einer großen Reihe von Tieren und höheren Pflanzen finden wir einen scharfen ausgeprägten Gegensatz zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, ist die Trennung der Geschlechter aus der Zwittrigkeit, dem Hermaphroditismus hervorgegangen und namentlich im Pflanzenreich findet sich ein großer Reichtum und Mannigfaltigkeit von Zwittrigkeit. Bei den Pflanzen scheint die Zwittrigkeit primär, bei den meisten Tieren im Anschluß an veränderte Lebensweise sekundär erworben, namentlich im Anschluß an Parasitismus. Bei Pflanzen gibt es Individuen mit lauter zwittrigen Blüten und solche mit lauter eingeschlechtlichen Blüten, daneben aber noch solche, welche zwittrige und männliche oder weibliche Blüten und solche, welche zwittrige und männliche und weibliche Blüten tragen. Entsprechende Verhältnisse bei Tieren sind selten, doch sind bei Würmern, Mollusken und Insekten Abweichungen von der reinen Geschlechtertrennung beobachtet

worden. Bei getrenntgeschlechtlichen Arten treten männliche und weibliche Individuen in einem bestimmten Zahlenverhältnis auf. Beim Europäer werden 106 Knaben auf 100 Mädchen geboren, bei Negern 100 Knaben auf 96,8 Mädchen, bei gewissen Spinnen zählt man 819 Männchen auf 100 Weibchen, bei gewissen Tintenfischen nur 16,6 Männchen auf 100 Weibchen. Eine praktische Methode der Geschlechtsbestimmung müßte sich in einer Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses äußern, beim Menschen treten zahlreiche Kinder desselben Geschlechtes von einem Elternpaar nicht häufiger auf als es der Zufall verlangt beim Geschlechtsverhältnis 106 zu 100. Die Bestimmung des Geschlechtes eines Individuums könnte schon vor der Befruchtung der Eizelle bestimmt sein progam oder während der Befruchtung syngam oder schließlich erst im Laufe der Entwicklung epigam. Es gibt sogar eine nachträgliche Änderung der Geschlechtscharaktere, die sich bereits entwickelt haben. So verwandelt ein Parasit Sacculina neglecta bei dem befallenen Männchen der Krabbe Inachus mauritanicus die äußeren sekundären Geschlechtscharaktere so, daß sie weiblich werden und das befallene Männchen sogar reife Eifer in seinen Keimdrüsen hervorbringt. (Beim Menschen ist bei Diabetes insipidus eine Umänderung des männlichen Habitus in weiblichen beobachtet. Referent.) Ein Brandpilz veranlaßt bei weiblichen Exemplaren der Lichtnelke die volle Ausbildung der Staubgefäße, die ohne ihn nur als winzige Rudimente angelegt werden. Die Anlage aller getrennt geschlechtlichen Organismen ist zwittrig und deshalb im Prinzip eine nachträgliche Beeinflussung des Geschlechtes gegeben. Spermatozoon wie Eizelle enthalten die Anlagen zu beiden Geschlechtern, wie sich bei Rassekreuzung beweisen läßt. Der Stier kann hohen Milchertrag, der Hahn besondere Tüchtigkeit im Eierlegen vererben, in jedem Individuum sind daher vier verschiedene Anlagen vorhanden, zwei für das männliche und zwei für das weibliche Geschlecht. Von diesen vier verschiedenen Anlagen entfaltet sich in der Regel nur eine, während drei latent bleiben und nur unter besonderen Verhältnissen nachweisbar werden. Parthenogenetisch entwickelte Eier, d. h. ohne Hinzutreten einer Samenzelle, entwickeln ein ganz bestimmtes Geschlecht: entweder Weibchen oder bei anderen Arten nur Männchen oder Männchen und Weibchen oder zunächst nur Weibchen, später Männchen und Weibchen. Bei den zwittrigen Pflanzen geben die Eizellen wieder Zwitter, bei den getrenntgeschlechtlichen nur Weibchen. Bei künstlicher Parthenogenese von Seeigeleiern sollen sich Männchen entwickelt haben. Eine Beeinflussung der Fortpflanzungszellen in der Richtung, die Erzeugung eines bestimmten Geschlechtes zu erzielen, ist wiederholt und mit Erfolg versucht worden.

Beim Hanf sollen bei Verwendung ganz jungen Pollens lauter männliche Pflanzen, bei Verwendung von altem Pollen lauter weibliche Pflanzen erzeugt werden. *Richard Hertwig* erzielte durch Behandlung von Froscheiern, die über die normale Zeit im Uterus verblieben waren, viel mehr Männchen, als nach dem Geschlechtsverhältnis zu erwarten gewesen wären, schließlich lauter Männchen. Die Anwendung der Mendelschen Gesetze der Vererbung läßt es sehr glaubhaft erscheinen, daß bei den getrennt geschlechtlichen Wesen, Tieren und höheren Pflanzen, schon die Keimzellen eine bestimmte sexuelle Tendenz besitzen, und zwar so, daß das eine Geschlecht nur einerlei Keimzellen bildet, also homogametisch ist, während das andere Geschlecht zweierlei Keimzellen hervorbringt, also heterogametisch ist. Je nach der Art der Organismen ist bald das weibliche, bald das männliche Geschlecht heterogametisch. Das homogametische Geschlecht bildet Keimzellen, die alle mit ihm in ihrer Tendenz übereinstimmen, das heterogametische Geschlecht aber zur Hälfte Keimzellen mit der gleichen und zur Hälfte Keimzellen mit der entgegengesetzten sexuellen Tendenz. Kommen zwei Zellen mit gleicher Tendenz zusammen bei der Befruchtung, entsteht das homogametische Geschlecht, kommen zwei Keimzellen mit verschiedener Tendenz zusammen, so entsteht das heterogametische Geschlecht. Dabei handelt es sich bei der Vererbung nicht um die Anlage der primären Geschlechtscharaktere selber, welche ja nur zwittrig ist, sondern um die Vererbung von Faktoren, von denen die Entwicklung oder volle Entfaltung des Geschlechtes abhängt. Derartige Faktoren werden von *Correns* Geschlechtsbestimmer genannt. Eine willkürliche Erzeugung nur eines bestimmten Geschlechtes wäre bei Annahme dieser Hypothese dann möglich, wenn die heterogametischen Samenzellen je nach ihrer Tendenz verschiedene Resistenz gegen Schädlichkeiten besäßen. Es wäre dann möglich, die Zellen mit der einen Tendenz abzutöten, diejenigen mit der entgegengesetzten Tendenz zu erhalten. Sehr wahrscheinlich ist aber die Möglichkeit derartiger Eingriffe nicht. *Correns* macht darauf aufmerksam, daß vielleicht in Kürze die willkürliche Unterdrückung des einen Geschlechtes respektive die gewollte Erzeugung jedes gewünschten Geschlechtes praktisch als Unmöglichkeit erkannt werden könnte, weil es so aussieht, als ob bei der Befruchtung bereits entschieden ist, ob das homogametische oder das heterogametische Geschlecht entsteht. (*Correns* nimmt hierbei auf die Möglichkeit der Umstimmung der ererbten Tendenz während der Entwicklung nicht genügend Rücksicht nach Ansicht des Referenten.) Mit der Anschauung, daß das Geschlecht vererbt wird nach dem Schema einer Mendelschen Bastardierung, stehen die morphologischen Tatsachen in ebenso guter Übereinstimmung wie die Ergebnisse der experimentellen Morphologie. Die Genauigkeit, mit der im ganzen Organismenreiche bei der Zellteilung die Chromosomensubstanz auf beide Zellen verteilt wird und bei der Befruchtung dafür gesorgt wird, daß jedes neu entstehende Individuum gleiche Mengen dieser Substanz von Vater und Mutter erhält, weisen darauf hin, daß wir in dieser Substanz den Träger der Erbeigenschaften zu erblicken haben, während dem Protoplasma im Gegensatz zu den Kernstoffen die Ausführung und Entfaltung der in die Kernsubstanz übertragenen Ten-

denzen zufällt. Jede Zelle eines Bastardes enthält zur Hälfte mütterliche, zur Hälfte väterliche Chromosomen als einzigen Bestandteil, der von Vater und Mutter übertragen ist. Wir müssen daraus schließen, daß in diesen Chromosomen die vererbten Eigenschaften lokalisiert sein müssen, während von dem Protoplasma des Vaters so gut wie nichts bei der Befruchtung übertragen wird. Bei Bastardierungen kommt es vor, daß die Bastarde in einigen Fällen nicht das Mittel aus den Eltern darstellen, sondern bald nur nach der Mutter, bald nur nach dem Vater schlagen. In diesen Fällen zeigt die Beobachtung der Chromosomen, daß im Laufe der Zellteilungen die von einem Elter stammenden Chromosomen aus den Kernen eliminiert werden und zugrunde gehen, worauf auch die Eigenschaften des betreffenden Elter in den Nachkommen verschwinden. Die Zahl der Chromosomen ist für jede Organismenart als konstant anzusehen. Damit nun bei der Befruchtung die doppelte Zahl von Chromosomen entsteht, tritt vor der Befruchtung eine Reduktion der Zahl der Chromosomen auf die Hälfte ein. Jede befruchtungsfähige Geschlechtszelle enthält nur die Hälfte der für die Art charakteristischen Chromosomenzahl. Sämtliche für die Art charakteristischen Eigenschaften sind vollzählig in der halben Chromosomengarnitur vertreten, welche reife Eizelle und reifes Spermatozoon besitzt, denn es lassen sich vollkommene Individuen parthenogenetisch aus der unbefruchteten Eizelle und ephebogenetisch aus der Vereinigung von Spermatozoon mit kernloser Eizelle erzielen. Die Chromosomen von reifer Eizelle und reifem Spermatozoon enthalten je ein väterliches und ein mütterliches Chromosom der gleichen Qualität, welche sich vor der Reifeteilung paarweise in der sogenannten Synapsis vereinigt hatten. Bei einzelnen Tierarten, namentlich Insekten, kann man die Verschiedenheit der einzelnen Chromosomen und Chromosomenpaare unter dem Mikroskop direkt beobachten. Jedes Chromosom ist zweimal vertreten, eines stammt vom Vater, das entsprechende von der Mutter. Bei Bastardierungen erkennt man innerliche Verschiedenheit der väterlichen und mütterlichen Komponenten, indem bei den Reduktionsteilungen die Anlagen von Vater und Mutter sich spalten und die neu entstehenden Organismen entweder dem Vater oder der Mutter gleichen oder ein Mischprodukt darstellen, je nachdem sich nur väterliche oder nur mütterliche oder doppelt so häufig väterliche und mütterliche Chromosomen wieder zusammenfinden. Wenn einem bestimmten Chromosom die Eigenschaft, männliches oder weibliches Geschlecht zu vererben, zukäme, so könnte man die Geschlechtsvererbung im Verhältnis 1 : 1 erklären durch die Annahme, daß das eine Geschlecht Bastardnatur hat, also heterozygotisch ist, während das andere Geschlecht homozygotisch ist, aber lauter gleiche Chromosomenpaare besitzt. Bei Rückkreuzung eines mendelnden Bastards mit seinen Elternformen entstehen ja ebenfalls zu gleichen Teilen Individuen mit Bastardnatur und mit reiner Elternform.

Tatsächlich beobachtet man bei Wanzen Lygaeus, daß die männlichen Zellen ein ungleiches Chromosomenpaar aufweisen, während die weiblichen Zellen lauter gleiche Chromosomenpaare zeigen. Das männliche Geschlecht ist also heterozygotisch bei den Wanzen, bei anderen Organismen kann es umgekehrt sein, doch ist ein Fall von Heterogametie beim Weibchen mikroskopisch noch nicht einwandfrei nachgewiesen. Selbst für so komplizierte Verhältnisse, wie sie für den Generationswechsel vorliegen, versagt die mikroskopische Beobachtung der Chromosomen nicht. Bei einer Phylloxera beobachtete man, daß bei der Bildung des einen Richtungskörpers der parthenogenetischen Männcheneier das eine Chromosom ganz im Richtungskörper ausgestoßen wird, so daß statt der weiblichen Zahl von 6 Chromosomen die für männliche Zellen charakteristische Zahl von fünf Chromosomen im Ei zurückbleibt, und so das Ei ein Männchen entwickelt. Bei Nematoden Angiostomum nigrovenosum findet ein regelmäßiger Wechsel zwischen einer getrennt geschlechtlichen freilebenden und einer zwittrigen parasitischen Generation statt. Die Weibchen der getrennt geschlechtlichen Generation besitzen 12 Chromosomen, nach der Reifeteilung 6, die Männchen 11, nach der Reifeteilung 6 und 5. Die zwittrige Generation enthält stets 12 Chromosomen, also die weibliche Zahl und erscheint auch *morphologisch* als Weibchen. Ihre Eier haben reif 6 Chromosomen, in ihren Ursamenzellen geht dagegen in der Hälfte der Zellen ein Chromosom zugrunde. Im Experiment gelingt es bei einzelnen Tieren Geschlecht und Geschlechtscharaktere zu trennen, so daß man annehmen muß, daß Geschlecht und sekundäre Geschlechtscharaktere durch eigene Faktoren in den Chromosomen bedingt sind. Auf den Menschen angewandt würde das heißen, daß Frauen mit Bärten und tiefer Stimme, und bartlose Männer mit hoher Stimme durch entsprechende Faktorenverschiebung sich eventuell würden erzeugen lassen. Bei Schmetterlingen ist es gelungen, echte Weibchen mit der Färbung und Gestalt der Männchen durch Bastardierung verschiedener Arten zu erzielen. Ein weiterer Fortschritt in der praktischen, gewollten Erzeugung eines bestimmten Geschlechtes ist von weiteren Fortschritten auf dem Gebiete der chemischen Beeinflussung der Formgestaltung, nämlich der Lehre von den Hormonen, zu erwarten.

Die heutigen Methoden des „Dryfarming" und ihr Anwendungsgebiet.

Von Albert Bencke, München.

Den Lesern dieser Zeitschrift ist, auch wenn sie landwirtschaftlichen Betrieben vollkommen fernstehen, der Sinn des Wortes „Dryfarming" bekannt. Bei der Bedeutung, die diese Art der Bodenkultur nicht nur für die gesamte Menschheit, sondern in Zukunft auch für unser sich ausbreitendes Kolonialreich haben wird, ist aber ein etwas eingehenderes Verständnis hierfür vielleicht auch jenen erwünscht, die niemals in die Lage kommen werden, ein Ackergerät in die Hand zu nehmen.

Das unter dem Namen „Dryfarming" begriffene Problem läßt sich in folgende Fundamentalsätze zusammenfassen:

1. Die Aufspeicherung des geringen jährlichen Regenfalles im Boden und seine Konservierung bis zu der Zeit, wo er von den Pflanzen aufgenommen werden kann;

2. die Verhinderung der Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit während der Wachstumsperiode;

3. die Regelung der Aufnahme dieser Feuchtigkeit durch die Pflanzen;

4. die Auswahl von Kulturen, die für die Bedingungen des Trockenfarmens geeignet sind;

5. die Anwendung der geeigneten Mittel zur Behandlung dieser Kulturen.

Da somit eines der Grundprinzipien des Trockenfarmens einerseits in der Aufspeicherung einer bestimmten Feuchtigkeitsmenge während der Regenzeit besteht, so ergeben sich von vornherein gewisse klimatische und geologische Forderungen, welche die Anwendbarkeit der Methode auf bestimmte Gebiete beschränken, die diesen Forderungen entsprechen. Bezüglich der Regenmenge ist weniger die absolute Höhe der Regenziffer, als vielmehr die Verteilung dieses Regens auf eine bestimmte Zeit von Wichtigkeit. Die besten Resultate haben sich bisher immer dort gezeigt, wo etwa eine Regenmenge von 25—30 cm pro Jahr sich auf ein Regenhalbjahr verteilt, dem eine ebenso lange Trockenzeit folgt.

Eine weitere aus den vorangestellten Fundamentalsätzen sich ergebende Bedingung ist das Vorhandensein eines mindestens zwei Meter tiefen, homogenen, aus feinen Teilchen bestehenden Bodens. Felsige und stark sandige Böden, die gerade in trockenen Klimaten sehr häufig sind, sind deshalb vom „Dryfarming" ausgeschlossen.

Ferner haben Wind, Temperatur und Verdunstungsverhältnisse eine große Bedeutung, so daß starke natürliche Verdunstung auch bei größeren Regenmengen eine Gegend für das Trockenfarmen ungeeignet machen kann. Im allgemeinen ist der Boden, der an Ort und Stelle durch Verwitterung gebildet ist, am besten geeignet, während Fluß- oder Seealluvionen infolge ihrer nicht homogenen Beschaffenheit wenig gute Ergebnisse liefern. In solchen Böden sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Teilchen so groß, daß sie dem Wasser fast ungehinderten Durchgang gestatten; die Anzahl dieser Lücken ist dabei verhältnismäßig gering. Dagegen läßt sich in den homogenen „kompakten" Böden die Anzahl dieser in diesem Falle minimalen Lücken durch geeignete Vorkehrungen sehr vermehren, so daß in diesen Böden das Kapillarwasser sich an den einzelnen kleinen Teilchen anlegt.

Diese geeigneten Vorkehrungen bestehen im tiefen Umarbeiten des trockenen Bodens vor dem Einsetzen der Regenzeit, in häufiger Überarbeit während der Wachstumsperiode, ein Umstand, durch welchen reihenweise Aussaat notwendig wird (auch wenn es sich um Luzerne usw. handelt) und endlich in der Hinzufügung organischer Substanzen, wozu am besten Gründünger verwendet wird, da anderer in den hier in Betracht kommenden Gegenden in der Regel nicht vorhanden ist. Unter Einhaltung dieser Vorbedingungen wird man in einem etwa 2,50 m tiefen Boden ⅔ der jährlichen Regenmenge aufspeichern können.

Damit aber diese Wassermengen auch seinerzeit von den Pflanzen aufgenommen werden können, muß die Verdunstung für längere Zeit verhindert werden. Um eine Flüssigkeit der Verdunstung zu entziehen, bedeckt man sie. Das geschieht auch hier, nur daß die Decke hier aus einer Schicht feiner Erde, dem „mulch" besteht, ein unübersetzbares Wort, mit dem die Amerikaner für gewöhnlich eine Holzstreu bezeichnen.

Man erhält diese lockere, körnige, aber nicht pulverförmige Schicht durch häufiges Wenden der obersten Schichten des Bodens. Vor allem muß die Krustenbildung vermieden werden, die sich immer nach starken Regenschauern einstellt, denn sie verhindert nicht nur die Absorption der späteren Regen, sondern sie begünstigt auch die Verdunstung. Je trockener der „mulch" ist, desto besser tritt er der Verdunstung entgegen und die Sonne begünstigt dies — so paradox dies auch klingen mag —, indem sie die oberflächliche Austrocknung, also die Trocknung des „mulch" beschleunigt. Schon nach den ersten Frühjahrsarbeiten muß der „mulch" eine Dicke von etwa 10 cm erreicht haben.

Ebenso notwendig wie die Vorkehrungen zur Aufspeicherung der Feuchtigkeit und der Verhinderung der Verdunstung sind jene, welche die Regelung der Transpiration der Pflanze sichern sollen. Es muß nämlich verhindert werden, daß die wachsende Pflanze zu sehr transpiriert, da dies Feuchtigkeitsverlust bedeutet. Nun aber nimmt die Transpiration zu mit der Temperatur, der Windstärke, der Besonnung, der Bodenarmut, der Bewegung der Pflanze, der Vegetationsphase (Blütenbildung), den Akklimatisationsmängeln und der Wachstumsstärke. Gegen alle diese Dinge kann der Landwirt nicht ankämpfen, er kann höchstens bis zu einem gewissen Grade für Schatten sorgen und gegen Wind durch Anlage von Hecken und Baumpflanzungen schützen, besonders haben sich Heckenpflanzungen bei Anbau aller Getreidearten als sehr vorteilhaft erwiesen. Durch guten organischen (nicht mineralischen) Dünger kann die wasserzurückhaltende Kraft des Bodens um 70 % vermehrt werden. Ferner wird man in trockenen Klimaten nur gut akklimatisierte Varietäten wählen, eine aus einem feuchten Klima eingeführte Pflanze verdunstet etwa dreimal soviel Wasser als eine einheimische Varietät.

Die einzigen Kulturen, mit denen man bisher gute Erfolge erzielt hat, sind Cerealien, Getreide und Mais. Aber auch die Luzerne und die Erbse gedeihen in hinreichendem Maße, um als Gründünger gute Wirkung zu tun. Die neuesten Berichte lauten dann noch für die Kartoffel sehr günstig.

In Kürze sollen nun die erforderlichen Arbeiten und Hilfsmittel besprochen werden.

Das wichtigste dieser Hilfsmittel ist der Scheibenpflug, der gleich nach der Schneidemaschine auf den Acker gebracht wird, um den Boden umzubrechen und ihn zur Aufnahme des Regens geeignet zu machen. Diese Vorrichtung besteht aus leicht konkav gestalteten Stahlscheiben von etwa 0,40 m Durchmesser, von denen je sechs in Abständen von 0,15 m an zwei Achsen montiert sind, die im scharfen Winkel gegeneinandergestellt, am Pflugbaum befestigt sind, so daß also die einzelnen Scheiben beim Vorwärtsbewegen des Pfluges schräg zu dieser Richtung beiderseits in den Boden schneiden. Durch diese besondere Anordnung wird der Boden in dünnen Schichten gehoben und ein wenig gewendet. Nach den Untersuchungen *Ringelmanns* entspricht bei einer totalen Breite des Pfluges von 1.60 m und einer Lockerungstiefe von 0,07 m der von dem Scheibenpflug ausgeübte Zug etwa einem Gewicht von 350—570 kg, so daß also vier Zugtiere von mindestens 600 kg zur Bespannung nötig sind, die mit einer Schnelligkeit von 0,70 m pro Sekunde vorrücken und somit an Tagesleistung 20 Kilometer, also 3,10 Hektar bewältigen können.

Alle zwei Jahre muß mit diesem Pfluge im Herbste eine tiefere Aufarbeitung des Bodens auf 0,10 oder auch 0,15 m stattfinden.

Neben diesem Pfluge wird dann auch häufig die in Schottland erfundene Tiefenwalze verwendet. Dieses

Instrument besteht im wesentlichen aus einer Anzahl von 0,50 Meter hohen Rädern mit sehr schweren kantigen Felgen, durch welche der Untergrund der Furche fester zusammengepreßt werden soll, ohne jedoch die obere Schicht beziehungsweise den „mulch" wesentlich zu verändern. Der Wert dieses Instrumentes ist indessen ein diskutabler[1]). Vorteilhaft, ja wohl in den meisten Fällen unentbehrlich ist aber das häufige Überarbeiten mit der Egge, mit der schweren Egge zur Zeit der Aussaat, mit der leichten Egge zur Entkrustung des Bodens nach heftigem Regen, mit der Federegge zum Umbrechen.

Die Wahl der Zeit zur Aussaat hängt von der Vollsaugung des Bodens mit seiner normalen Feuchtigkeitskapazität, somit vom Klima ab, in den Vereinigten Staaten geben die Herbstaussaaten bessere Erträge als die Frühjahrsaussaaten. Die Saattiefe ist verschieden nach dem Klima, für feuchtere Gegenden genügen 0,05, für sehr trockene ist hingegen eine Tiefe von 0,10 m nötig. Die Aussaat geschieht reihenweise mittels Maschine, und zwar vorwiegend in Furchen. Durch die Aussaat in Furchen werden die Pflanzen vor dem Winde geschützt, außerdem bleibt der etwa fallende Schnee in den Furchen länger liegen.

Nachdem beim „Dryfarming" ein größerer Kubikinhalt Boden pro Pflanze nötig ist, um diese zu ernähren, ist eine sehr lichte Aussaat notwendig; etwa 50—80 kg pro Hektar, also die Hälfte dessen, was wir brauchen. Die einzelnen Saatfurchen oder Saatlinien müssen weit genug voneinander entfernt sein, um die Ackergeräte hindurchgehen zu lassen, man wird also pro Meter etwa drei Furchen ziehen, mit anderen Worten die Aussaat des Getreides und der Luzerne geschieht etwa in derselben Weise, wie wir es mit der Zuckerrübe machen. Bezüglich des Abstandes der Furchen herrschen verschiedene Methoden vor, die von der Beschaffenheit des Bodens abhängen; in Amerika wird man in der Regel drei einreihige Furchen pro Meter finden, während man im französischen Nordafrika die Aussaat häufig in Bändern von etwa 0,15 cm Breite anordnet, die in Abständen von 0,80 cm voneinander stehen. Die Zwischenräume zwischen den Saatreihen werden nach jedem Regen umbrochen. Die Saatreihen müssen in allen Fällen in der Richtung des herrschenden Windes angeordnet werden.

Wenn nun auch auf einem nach der Weise des „Dryfarming" bearbeiteten Acker bedeutend weniger Ähren stehen als auf unseren normalen Äckern, so ist doch in Betracht zu ziehen, daß die so gewonnenen Körner infolge des Wachsens unter Bedingungen der Trockenheit viel wertvoller, reicher an Nährstoffen sind als das im feuchten Klima erzielte Korn. Das Getreide aus Utah, das nach Dryfarmingmethoden gebaut wird, hat allein durch seine Trockenheit einen Mehrwert von mindestens zwei Prozent, es ist außerdem zweimal reicher an Kleber. Diesen harten Getreiden wird eben in den heißen Klimaten bedeutend mehr Stickstoff zugeführt, und sie erreichen in verhältnismäßig kurzer Zeit ihre Reife, worunter allerdings häufig das Wachstum leidet.

Das Stroh, das keinen Wert hat, wird auf dem Felde gelassen, es bildet nach dem Umbrechen sofort Humus. Die großen Ährenschneidemaschinen dreschen sofort das Korn aus, dessen Spreu dann gleich dem Acker wieder einverleibt wird; etwa 15 Pferde sind zum Fortziehen dieser mächtigen Maschinen notwendig. Da das „Dryfarming" nur dort gute Erträge liefert, wo diese großen Maschinen mit Vorteil angewendet werden können, so ist es auf große zusammenhängende Ackerflächen beschränkt; dort kann ein auf dem bequemen Sitz der Maschine befindlicher Arbeiter eine große Strecke pro Tag bearbeiten; vorzugsweise werden zum Antrieb immer noch Pferde verwendet, da sich der Motor für Ackerbauzwecke immer noch nicht recht ökonomisch bewährt hat.

Mit Hilfe der mächtigen Maschinen kann ein einzelner Mann etwa 60 Hektar Boden nach der „Dryfarming"-Methode bearbeiten, und dabei kann er die Arbeit, bequem auf seinem Sitze verharrend, gewissermaßen in Handschuhen verrichten.

Um das Vorstehende kurz zusammenzufassen, seien die vorzunehmenden Arbeiten in ihrer Reihenfolge zusammengestellt; sie bestehen:

1. Im Umbrechen im Frühjahr bis auf 0,20 m Tiefe mit gleichzeitiger Auflockerung und Glättung der obersten Schicht,
2. im Aufbrechen der nach jedem Regen gebildeten Kruste,
3. im einjährigen Brachliegenlassen, wobei jedoch alle zur Aufnahme des Wassers notwendigen Arbeiten am Boden vorzunehmen sind,
4. in der reihenweisen Aussaat geeigneter Arten und im Umbrechen der Zwischenräume zwischen den Reihen zwecks Verringerung der Verdunstung,
5. in der Zerstörung jedes Nebentriebes gleich nach seinem Erscheinen.

Bedingung für einen guten Ertrag des „Dryfarming" ist:

1. Ein geeignetes Klima, in welchem eine jährliche Regenmenge von 25—50 cm Höhe fällt, wo die Frühlings- und Sommerregen selten, die Verdunstung eine starke, aber die Winde wenig heftig sind, und ein geeigneter homogener Boden (weder steinig, noch sandig) von etwa 2,50 m Tiefe vorhanden ist,
2. die Bearbeitung großer Parzellen von insgesamt mindestens 140 Hektar,
3. die Anwendung großer Maschinen, besonders des Scheibenpfluges und der Reihensäemaschine,
4. das Vorhandensein einer genügenden Anzahl von Pferden.

[1]) Siehe auch: *Gustav Fischer*, Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft, Halle a. S., 1911.

Alexander von Humboldts „Kosmos".

Seine Entstehung und seine Bedeutung für die Gegenwart.

Von Erich Metze, Zürich.

> „Er gleicht einem Brunnen mit vielen Röhren, wo man überall nur Gefäße unterzuhalten braucht, und wo es uns immer erquicklich und unerschöpflich entgegenströmt."
>
> *Goethe* über *A. v. Humboldt.*

Alexander v. Humboldts Kosmos ist der letzte großartige Versuch, das gesamte naturwissenschaftliche Tatsachenmaterial seiner Zeit zu monumentaler Schaustellung zu vereinigen. Woher *Humboldt* die Anregung hierzu erhielt, ob es die Beschäftigung mit den Schriften der antiken Naturphilosophen oder ob es der geistvolle Verkehr mit dem Weimarer Dichterkreis war, ist nicht bekannt. *Humboldt* selbst erzählt nur in der Vorrede zum *Kosmos*, ihm habe das Bild seines Werkes „fast ein halbes Jahrhundert lang vor der Seele geschwebt", und ein noch erhaltener Brief *Humboldts* vom

Jahre 1796 an den Genfer Physiker *M. A. Pictet* bestätigt diese Angabe. „Je conçus l'idée d'une physique du monde", schreibt dort der junge Forscher seinem Schweizer Kollegen. Es sollten indes noch mehrere Jahrzehnte vergehen, bevor der Plan dieser Weltphysik zur Ausführung kommen konnte. Zunächst waren es physiologische und chemische Arbeiten, sodann die fünfjährige amerikanische Reise und deren wissenschaftliche Ausbeutung, die die ganze Arbeitskraft eines Mannes in Anspruch nahmen. Erst das Jahr 1827 brachte das alte Vorhaben seiner Verwirklichung näher. Als nämlich *Humboldt* nach Aufzehrung seines beträchtlichen Vermögens gezwungen war, von Paris nach dem damals noch recht kleinstädtischen Berlin überzusiedeln, verdroß ihn namentlich das überaus geringe Interesse, was man daselbst für wissenschaftliche und insbesondere naturwissenschaftliche Dinge besaß. Theater und Konzerte erfüllten ganz den Gesichtskreis der Gebildeten und ließen alles andere zurücktreten. Daneben herrschte an der eben erst gegründeten Universität die Hegelsche Philosophie in autokratischester Weise, und ähnlich wie in der Stadt der „überklugen Leute" war es im übrigen Deutschland, so daß man ein Zurückgehen der Wissenschaften in unserem Vaterlande ernstlich befürchten mußte. Da hieß es unverzüglich Wandel schaffen, und keiner war für dieses schwierige Amt geeigneter als *Alexander v. Humboldt*. Vermöge seines Weltrufes als Forscher, der Universalität und Gediegenheit seines Wissens war er hierzu wie geschaffen. Es galt zu zeigen, daß es doch noch ernstere und wichtigere Dinge gab als Romantik und Weltschmerzfaseleien; noch notwendiger aber war es, aus autoritativem Munde zu verkünden, daß die deutsche Naturwissenschaft nicht gesonnen sei, sich auf die Dauer von aufgeblasenen Ignoranten beiseite drängen zu lassen, und daß an die Stelle metaphysischer Phrasen nunmehr wieder ernstes, unverdrossenes Erforschen der Tatsachen zu treten habe. *Humboldt* war gewiß der letzte, der all und jede Philosophie als unfruchtbar ablehnte, und er hat das auch mehr als einmal ausgesprochen, aber andererseits war er sich doch von Jugend auf vollkommen klar darüber, „daß ohne den ernsten Hang nach der Kenntnis des Einzelnen alle große und allgemeine Weltanschauung nur ein Luftgebilde sein könne". Der naturphilosophische Unfug war nachgerade unerträglich geworden, so daß *Humboldts* in der Folge ausgesprochene Worte von dem „jugendlichen Mißbrauch edler Kräfte", dem „Schematismus, enger, als ihn je das Mittelalter der Menschheit angezwängt", eher zu milde erscheinen. Man beschaue sich einmal die Blütenlese, die *Schleiden* in seiner Schrift *„Schellings* und *Hegels* Verhältnis zur Naturwissenschaft" (Leipzig, 1844) zusammengestellt hat, und man kann angesichts solcher Kabbalistik, die den Anspruch auf ernste Wissenschaft erhob, den Zorn verstehen, der sich jedes echten Forschers bemächtigen mußte.

Es ist eine alte Erfahrung, daß, wer die Jugend hat, auch die Zukunft besitzt, und *Humboldt* wandte sich darum zunächst an die „Kappen und Mützen", an die Berliner Studenten. Er kündigte für das Wintersemester 1827/28 ein öffentliches Kolleg über physische Erdkunde an, das sich sofort eines überaus regen Zuspruches erfreute. „Eine ganz besondere Zierde hat", so berichtet die *Spenersche Zeitung* vom 8. Dezember 1827, „die Universität durch den Beitritt des Herrn Dr. *Alexander v. Humboldt* erhalten, der in seiner Befugnis als Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften Vorlesungen über physische Erd- und Weltbeschreibung ankündigte, dieselben am 3. November vor der größtmöglichen Zahl von Zuhörern eröffnete und unter stets steigender Begeisterung derselben eifrig fortsetzte. Die ruhige Klarheit, mit welcher er die in allen Fächern der Naturwissenschaften von ihm und anderen entdeckten Wahrheiten umfaßte und zu einer Gesamtanschauung brachte, verbreitete in seinem Vortrage ein so helles Licht über das unermeßliche Gebiet des Naturstudiums, daß seine Methode mit diesem Vortrage eine neue Epoche ihrer Geschichte datiert." Der Andrang wurde schließlich derartig, daß sich *Humboldt* zu einer Wiederholung entschloß, die diesmal aber in der Singakademie, und zwar in erster Linie für Nichtakademiker stattfand. Die Zahl der Besucher war auch hier unverhältnismäßig groß, alles, was Berlin an geistigen Größen aufzuweisen hatte, war erschienen, sogar aus der Ferne kamen Leute, um den gefeierten Redner hören zu können. „Die Würde und Anmut des Vortrags", läßt sich die *Vossische Zeitung* vernehmen, „vereinigt mit dem Anziehenden des Gegenstandes und der ausgebreiteten, tiefen Gelehrsamkeit des Lehrers, die immer aus dem Vollen zu schöpfen vermag, dieser so seltene Zusammenfluß aller für die mündliche Belehrung ersprießlichen Eigenschaften fesselten die Zuhörer mit unwiderstehlicher, anhaltender Kraft."

Der Erfolg war denn auch ein gewaltiger. „Alexander ist wirklich eine ‚Puissance' und hat durch seine Vorlesungen eine neue Art des Ruhmes erworben", schreibt der Bruder stolz an *Goethe*, und in der Tat, *Alexander v. Humboldts* Vorlesungen haben Epoche gemacht. Sie sind ein Markstein in der Geschichte der Pädagogik unseres Volkes geworden. Daß der Naturwissenschaft ein bedeutender Anteil in der allgemeinen Volksbildung gebühre, wurde damals zuerst Gedankengut weiterer Kreise, und wenn wir heutzutage über eine so blühende populärwissenschaftliche Literatur verfügen, so verdanken wir das nicht zum wenigsten eben jenen Vorlesungen, aus denen nachmals der *Kosmos* hervorging. Der alte Freiherr *Johann Georg v. Cotta*, der Verleger unserer großen Klassiker, machte nämlich *Humboldt* den Vorschlag, seine Vorlesungen durch einen geübten Schnellschreiber aufzeichnen und das so gewonnene Manuskript dann drucken zu lassen. Trotz eines nicht unbeträchtlichen Honorars lehnte *Humboldt* ab. Persönliche Interessen kamen ja bei ihm immer zuletzt, und er wußte nur zu gut, daß das gesprochene Wort sich auf dem Papier immer anders ausnimmt, als im Hörsaal. Statt dessen erbot er sich, ein vollkommen neues Werk zu schreiben, das

„die ganze materielle Welt, alles, was wir heute von den Erscheinungen der Himmelsräume und des Erdenlebens, von den Nebelsternen bis zur Geographie der Moose auf den Granitfelsen wissen", darstellen und „das zugleich in lebendiger Sprache anregen und das Gemüt ergötzen" sollte. Es war eine Riesenarbeit, die *Humboldt* nunmehr begann (Herbst 1834), und ihr hat er die letzten fünfundzwanzig Jahre seines Lebens gewidmet. Als Titel wählte er nach längerem Schwanken das aus dem Griechischen stammende Wort für Weltall *„Kosmos"*, denn dieses umfasse „mit einem Schlagworte: Himmel und Erde". Ursprünglich auf zwei Bände berechnet, schwoll das Werk schließlich auf fünf an. Die ersten beiden Bände enthalten die Prolegomenen. Hier finden sich die „Einleitenden Betrachtungen über die Verschiedenartigkeit des Naturgenusses und eine wissenschaftliche Ergründung der Weltgesetze". An diese reiht sich ein kurzer Abschnitt über „Begrenzung und wissenschaftliche Behandlung einer physischen Weltbeschreibung", dem dann das „Naturgemälde" als eine „Allgemeine Übersicht der Erscheinungen" folgt. Das ist der Inhalt des ersten (1845 erschienen) Bandes. Im zweiten (1847) findet sich unter dem vielleicht nicht besonders glücklich gewählten Titel „Anregungsmittel zum Naturstudium" ein längerer Aufsatz über die Beziehungen zwischen Naturstudium und den dazu anregenden Künsten Dichtung, Malerei, Gärtnerei usw. Daran schließt sich die wundervolle, überaus lesenswerte „Geschichte der physischen Weltanschauung". Die nunmehr folgenden Bände enthalten eine erweiterte detaillierte Ausführung des schon erwähnten „Naturgemäldes" in astronomischer (Bd. *3*, 1850), erdphysikalischer und geologischer (Bd. *4*, 1858) Hinsicht. Der fünfte Band (1862), der das Werk beschließen sollte, blieb Torso, er enthält eine geologische Fortsetzung sowie ein von *Humboldts* Mitarbeiter Prof. *Ed. Buschmann* verfaßtes Gesamtregister. Wir haben in großen Zügen die Entstehungsgeschichte des *Kosmos* skizziert und kommen nun zur Erörterung der Frage nach seiner Bedeutung für die Gegenwart. Empfiehlt man einem jüngeren Naturforscher unserer Tage das Humboldtsche Werk, so erhält man fast immer die Antwort: *Humboldts Kosmos?* Nun ja. Es mag ja ein sehr schönes Buch sein, aber es ist doch ganz veraltet. Bei aller Hochachtung vor seinem Verfasser, hat es doch Mängel, die sein Vergessenwerden durchaus berechtigen. Zunächst einmal ist *Humboldts* Betrachtungsweise eine vorwiegend ästhetische, die sich mit dem nüchternen Streben des modernen Forschers nach kausaler Erkenntnis nicht recht vereinigen läßt. *Humboldt beschrieb*, nannte er doch sein Werk den „Entwurf einer physischen Weltbeschreibung", wir aber suchen die Natur zu *erklären*, darin liegt der große Unterschied zwischen ihm und uns. Und dann vergesse man doch nicht, daß *Humboldt* von den wichtigsten Ergebnissen der heutigen Naturwissenschaft, wie Spektralanalyse, Deszendenztheorie, Radiumstrahlen usw., noch nichts wußte und wissen konnte. Will man seinem Werk durchaus einen dauernden Wert beimessen, so könnte dies nur ein historischer sein . . . . .

Trifft dieses Urteil zu, oder ist auch hier, wie so oft in der Wertschätzung eines Geisteshereoen, Wahres mit Falschem gepaart? Zweifellos ist dem *Kosmos* ein ästhetischer Grundzug eigen. Das Buch ist, obwohl viel später verfaßt, eben ein Kind des achtzehnten Jahrhunderts und kann den Geist jener schönheitstrunkenen Zeit nicht verleugnen. Darin aber, wie so oft geschehen, einen Mangel oder gar einen Fehler erblicken zu wollen, hieße doch weit übers Ziel hinausschießen. *Humboldt* war ein viel zu großer Meister wissenschaftlicher Methodik, um sich von schädlicher Sentimentalität hinreißen zu lassen. In diesem Gefühl schrieb er darum auch einmal an *Varnhagen:* „Dem Oratorischen muß das einfach und wissenschaftlich Beschreibende immerfort gemischt sein. So ist die Natur selbst. *Die funkelnden Sterne erfreuen und begeistern, und doch kreist am Himmelsgewölbe alles in mathematischen Figuren.*" Der *Kosmos* sollte eben in erster Linie keine Fachschrift für Gelehrte, sondern ein Volksbuch für gebildete Laien sein und hatte nicht nur wissenschaftliche Belehrung, sondern auch künstlerischen Genuß zu bieten. Und darin hat er epochemachend gewirkt, denn mit ihm erstand erst eine wahrhaft populärwissenschaftliche Literatur, und alle die glänzenden Erscheinungen späterer Tage auf diesem Gebiete, wie *Helmholtz'* „Vorträge und Reden" oder *Haeckels* „Natürliche Schöpfungsgeschichte" sind mehr oder weniger bewußte Nachbildungen. Dieses Verdienst *Humboldts* um die allgemeine Volksbildung im höheren Sinne kann gar nicht genug hervorgehoben werden, und schon deshalb verdient der *Kosmos* einen Ehrenplatz auf dem Bücherbrett jedes Vorwärtsstrebenden. — Wenn nun weiterhin behauptet wird, daß sich die wissenschaftliche Methodik *Humboldts* von der heutigen *prinzipiell* unterscheide, so liegt dem eine grobe Selbsttäuschung zugrunde. Denn einen wirklichen Unterschied zwischen Welt*beschreibung* und Welt*erklärung* gibt es für uns nicht. Wie *Gustav Kirchhoff* in seinen „Vorlesungen über mathematische Physik" treffend bemerkt, ist es die Aufgabe der Mechanik (und damit aller Naturwissenschaft), „alle in der Natur vor sich gehenden Vorgänge vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben." Ob ich die Bahn eines Planeten berechne, oder ob ich die Entwicklungsgeschichte einer Farnart oder Aszidie festzustellen suche, ist im *Wesen* dasselbe. Überall handelt es sich nur um mehr oder minder genaue Beschreibungen. Auch die Deszendenztheorie bringt uns nicht weiter. *Darwin* hat es uns nur (das unsterbliche Verdienst des genialen Mannes bleibt natürlich darum groß genug) durch seine Selektionstheorie möglich gemacht, einen Einblick in den Kausalnexus der Artentstehung zu tun, und indem wir diesen Kausalnexus beschreiben (angenommen, es sei uns das schon heute möglich), gelangen wir auf die höchste uns erreichbare Stufe der Erkenntnis. Aber *erklären* (d. h. den „zureichenden Grund" einer Erscheinung verstehen lehren) können wir darum nichts. Wir können nur die Bedingungen

feststellen, unter denen diese oder jene Naturerscheinung zustande kommt. Dann sind wir aber auch am Ende unseres Witzes. Selbst ein so erhabener Geist im Besitz der Weltformel, wie ihn sich *Laplace* und *E. du Bois-Reymond* vorstellten, käme niemals über bloßes Beschreiben hinaus. Wäre dieses Beschreiben auch ein ideal genaues, so ist es doch kein Erklären.

Gewiß, es muß, um auf unseren Gegenstand zurückzukommen, zugegeben werden, daß *Humboldt* statt zum mechanischen Beschreiben (im Sinne der theoretischen Physik) fortzuschreiten, beim graphischen (beispielsweise in der Biologie üblichen) stehen blieb und somit den höchsten Gipfel aller theoretischen Naturwissenschaft nicht erreichte. Allein, dem läßt sich entgegenhalten, daß einmal der *Kosmos* gar nicht die Absicht hatte, etwa mit den „Principia mathematica" *Newtons* oder mit *Laplaces* „Méchanique céleste" zu konkurrieren (er sollte ja ein Volksbuch sein), und daß fernerhin eine große Reihe der darin zu behandelnden Probleme einer mathematischen Behandlung unzugänglich waren (und auch heute noch sind).

Man wird mir vielleicht ferner entgegnen, daß auch *Humboldt* selbst einen Unterschied zwischen Welt*beschreibung* und Welt*erklärung* machte. Aber er versteht unter Weltbeschreiben das „Auffinden von empirischen Gesetzen", und mit diesem müssen wir uns auch heute noch in vielen (beziehungsweise in den allermeisten) Fällen begnügen. Was sind, um nur ein Beispiel anzuführen, die sogenannten Mendelschen Gesetze anderes als empirische Regeln? Und nicht nur in der Biologie ist es so, auch Physik und Chemie bieten uns Erscheinungen, die vorläufig jeder mathematischen Behandlung spotten. Und wenn wir näher zusehen, bemerken wir, daß *Humboldt* den erwähnten Unterschied auch nur aus *praktischen* Gründen machte, denn er bezeichnet „das Erspähen des Kausalzusammenhanges" als „das höchste, seltener erreichte Ziel aller Naturforschung". Daß *Humboldt* also selbst letzten Endes Welterklärung mit Weltbeschreibung für identisch betrachtete, beweisen seine eigenen Worte: „In vielen Gruppen der Erscheinungen müssen wir uns freilich noch mit dem Auffinden von empirischen *Gesetzen* begnügen; aber das höchste, seltener erreichte Ziel aller Naturforschung ist das Erspähen des *Kausalzusammenhanges* selbst. Die befriedigendste Deutlichkeit und Evidenz herrschen da, wo es möglich wird, das Gesetzliche auf mathematisch bestimmbare Erklärungsgründe zurückzuführen. Die physische *Weltbeschreibung* ist nur in einzelnen Teilen eine *Welterklärung. Beide Ausdrücke sind noch nicht als identisch zu betrachten.*" (Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Bd. *3*, S. 10. Stuttgart und Tübingen, 1850.) Das trifft Wort für Wort auch für die heutige Wissenschaft zu, und wenn man also *Humboldts* Methodik als prinzipiell veraltet ansehen wollte, so müßte man das dann konsequenterweise auch von der heutigen sagen.

Am berechtigtsten erscheint mir der letzte Einwand. Die Naturwissenschaften haben während der letzten fünfzig Jahre überaus wichtige Fortschritte gemacht, die nicht nur in der Gewinnung von neuen Tatsachen, sondern auch in der Aufstellung neuer Theorien gipfelten. Es sei nur an *Darwin* und *Bunsen-Kirchhoff* erinnert. In dieser Hinsicht mag der *Kosmos* bis zu einem gewissen Grade in ganzen Teilen veraltet sein, aber auch so erregt er *nicht nur* unser historisches Interesse. Man schlage unbefangen (!) einen Band dieses einzigartigen Werkes auf, und man wird darin mit Vergnügen lesen müssen. Die Art und Weise der Darstellung, die Fülle des Stoffes, der wissenschaftliche Ernst, die musterhafte Genauigkeit, die uns in jeder Zeile entgegentreten, bieten dem Leser einen wahren Genuß. Da gibt es keine Dogmatik, die so häufig nichts anderes als ein Ausdruck der Autoreneitelkeit ist, da wird überall die Relativität unseres Wissens betont, ohne darum die Freude am Erreichten zu trüben. Man glaubt unwillkürlich, man habe nicht ein Buch vor sich, dessen Verfasser längst der Rasen deckt, sondern ein Werk, das erst kürzlich die Presse verließ. So modern mutet es uns an, und in dieser Wirkung auf uns Nachgeborene liegt vielleicht sein größter Wert, und sie ist es, die *A. v. Humboldt* unter die Klassiker unseres Volkes reiht. „Veralten kann der *Kosmos* nur in dem Sinne", schrieb einmal *Wilhelm Foerster*, der greise Astronom und unerschrockene Kämpe für Freiheit und Fortschritt, „daß . . . zu den dargestellten Erscheinungen Neues und Wesentliches durch weitere Entdeckungen hinzukommt. Vor Wirkungen dieser Art ist keine menschliche Gestaltung sicher . . . Da aber der *Kosmos* auch in diesen Teilen seines Inhalts mit hoher Unbefangenheit und Umsicht verfaßt ist, und fast überall die Entwicklungsfähigkeit der vorgetragenen Lehrmeinungen und die Bedürftigkeit der dargestellten Wahrnehmungen und Tatsachen nach weiterer Vervollständigung und Befähigung betont, so wird er im *moralischen Sinne niemals veralten* und stets eine unschätzbare Fundgrube für die Beurteilung des Zustandes der Naturerkenntnis um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts bleiben."

Alexander v. Humboldts Name wird weithin mit Achtung genannt, sein *Kosmos* aber von den wenigsten gelesen. Das ist im höchsten Grade bedauerlich, schrieb er doch nicht nur für seine Zeitgenossen, sondern auch für die Nachwelt, und verdient dieselbe Beachtung wie *Goethe* oder *Schiller*, die jeder gelesen haben muß, der auf Bildung Anspruch erhebt. Die Worte, die einst der junge *Lessing* seinen „Sinngedichten" vorandruckte, sie gelten auch für *Alexander v. Humboldt:*

„Wer wird nicht einen *Klopstock* loben?
Doch wird ihn jeder lesen? — Nein.
Wir wollen weniger erhoben,
Und fleißiger gelesen sein."

Literatur.

Siegmund Günther, Alexander v. Humboldt. Berlin, 1900.
A. v. Humboldt, Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Stuttgart, 1845—62.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die Absorption in Natrium-Flammen.

Vorläufige Mitteilung.

Die Helmholtz-Drudesche Dispersionstheorie trägt bekanntlich der Absorption durch Einführung eines Reibungsgliedes Rechnung, das der Geschwindigkeit des resonierenden Elektrons proportional ist und eine Dämpfung der Schwingungen desselben bewirkt. Die mathematische Durchführung dieser Hypothese zeigt[1]), daß der sogenannte Extinktionskoeffizient sich in der unmittelbaren Umgebung eines einzelnen, nicht zu starken Absorptionsstreifens in folgender Weise mit der Wellenlänge λ ändert:

$$nk = \frac{\varrho \nu'}{2 n_0 \nu_0 (4 \mu^2 + \nu'^2)} .$$

Hierin bedeutet ϱ eine der Zahl der an der Absorption beteiligten Resonatoren proportionale Größe, ν_0 die Eigenfrequenz derselben $\left(\nu_0 = \frac{2\pi c}{\lambda_0}\right)$, μ den Abstand des betrachteten Punktes von ν_0, gemessen in den gleichen Einheiten $\left(\mu = 2\pi c \frac{di}{\lambda^2}\right)$, n_0 den Brechungsquotienten, der ohne diese Resonatoren an der betreffenden Stelle herrschen würde und ν' die „Dämpfungskonstante", d. h. den durch die Resonatorenmasse dividierten Faktor des obengenannten Reibungsgliedes. Eine wirkliche Reibung ist jedoch der eigentlichen Elektronentheorie fremd; aber sowohl die Plancksche „Strahlungsdämpfung"[2]), die auf dem Energieverlust der mitschwingenden Teilchen durch Ausstrahlung beruht, führt im Falle eines isolierten, nicht zu starken Absorptionsstreifens — wie ihn die Absorptionslinien der Metalldämpfe in Flammen häufig darbieten — auf eine im wesentlichen mit der obigen Gleichung übereinstimmende Frequenzabhängigkeit des Extinktionskoeffizienten, als auch die von *Lorentz* ausgearbeitete Theorie, die an Stelle einer Reibung die gaskinetischen Zusammenstöße und die dadurch bewirkte Störung der regelmäßigen Schwingungen der Resonatoren berücksichtigt. Diese drei Theorien unterscheiden sich nur quantitativ durch die Größe jener „Dämpfungskonstante" ν'. Wir möchten hier von einer neuen Bestimmung dieser Konstanten für den in der Bunsenflamme leuchtenden Natriumdampf berichten, die sich sowohl in der Methode als im Resultat wesentlich von den bisherigen unterscheidet. Sie beruht auf der Messung der absoluten in den Natriumlinien emittierten Energie, im Vergleich zu der von einem schwarzen Körper gleicher Temperatur zwischen λ und $\lambda + 1$ (gemessen in Ångströmeinheiten) ausgestrahlten Energie, beziehungsweise des „Absorptionsvermögens", das nach dem Kirchhoffschen Gesetz der emittierten Energie gleich ist. Die Methode hat also die Gültigkeit dieses Gesetzes im Falle der Natriumflamme zur Voraussetzung, an der nach neueren Untersuchungen[3]) nicht zu zweifeln ist. Wir haben jenes Absorptionsvermögen bestimmt, indem wir auf photographisch-photometrischem Wege maßen, wieviel Energie die Natriumlinien von dem spektral zerlegten Licht einer Bogenlampe bei relativ *breitem* Spektroskopspalt durchlassen, wobei sich also die Wirkungen der einzelnen Teile der Linien in wohlkontrollierbarer Weise überlagern. Die Größe der so gemessenen „Gesamtabsorption" hängt im wesentlichen nur von dem Produkte $\varrho \cdot \nu'$ ab, wie kürzlich Herr *Reiche* und ich gezeigt haben[1]). Zur Kenntnis von ν' ist also die gleichzeitige Messung von ϱ, d. h. der „wirksamen" Dampfdichte, nötig, die ohne weiteres mit Hilfe der magnetischen Drehung der Polarisationsebene auf Grund der von *Voigt*[2]) entwickelten Theorie auszuführen ist. Voraussetzung für das Gelingen dieser Versuche ist nur ein stundenlanges Konstanthalten der Flammen in bezug auf Helligkeit $\pm$ 2—3 %) und Temperatur ($\pm$ 5—10°).

Unsere auf diese Weise erhaltenen Resultate müssen allerdings noch als vorläufige betrachtet werden, da das zur spektralen Zerlegung angewandte Plangitter, von *Rutherford* geteilt, ein wenig vollkommenes Instrument ist. Da wir aber vorläufig kein anderes Gitter erhalten können, haben wir uns zur Veröffentlichung der bisherigen Ergebnisse entschließen müssen, deren Größenordnung wir jedenfalls für richtig halten. Die unter verschiedenen Bedingungen ausgeführten Versuche lieferten bei einer mittleren Temperatur des Natriumdampfes von 2000° absolut und bei Werten von ϱ zwischen 6 und 24×10^{22} (d. h. die Resonatorenzahl N pro ccm lag zwischen 1,9 und $7{,}6 \cdot 10^{13}$) für die Konstante ν' Zahlen zwischen 3,3 und $5{,}7 \cdot 10^9$, im Mittel für die D_2-Linie $5 \cdot 10^9$ und für die D_1-Linie $4{,}7 \cdot 10^9$, also innerhalb der Beobachtungsfehler übereinstimmend. Der aus der Planckschen Theorie zu berechnende Wert der Strahlungsdämpfung ist für dieselbe Konstante $6{,}2 \cdot 10^7$, und aus der Lorentzschen Vorstellung der Zusammenstöße würde $\nu' = \frac{2}{\tau} = 5 \cdot 10^9$ bzw. $9 \cdot 10^9$ folgen, je nachdem man die „Wirkungssphäre" ohne die bzw. mit der Reinganumschen Temperaturkorrektion berechnet. (τ bedeutet hierbei die mittlere Zeit zwischen zwei gaskinetischen Zusammenstößen.) Unser Wert stimmt also mit dem der Lorentzschen Theorie nahe überein; ob die Dämpfung der Schwingungen aber tatsächlich durch diese Zusammenstöße und die dadurch bewirkte Übertragung der Schwingungsenergie auf Bewegungsenergie, d. h. Umformung der in Resonanz versetzenden Strahlungsenergie in „Wärme", vollständig erklärt werden kann, müssen weitere Versuche, besonders an anderen Spektrallinien und bei variierter Temperatur entscheiden. Die von anderer Seite bisher gefundenen Werte von ν' schwankten zwischen $5 \cdot 10^{10}$ und $4 \cdot 10^{11}$, waren also so groß, daß die Lorentzsche Vorstellung widerlegt schien. Der Hauptvorteil der neuen Methode liegt unserer Ansicht nach in der Benutzung des breiten Spektroskopspaltes bei Messung der Absorption, der den i. a. sehr störenden Einfluß der Beugung an den Spalträndern stark verringert.

Breslau, den 1. September 1913.

R. Ladenburg u. *H. Senftleben.*

[1]) Vergleiche z. B. *W. Voigt*, Magneto- und Elektrooptik, Leipzig, 1908, p. 114 ff.

[2]) Siehe z. B. *M. Planck*, Strahlungstheorie. 2. Auflage. Leipzig. 1913.

[3]) Vergleiche die demnächst erscheinende Breslauer Dissertation von Frl. *H. Kohn.*

[1]) C. R. t. *157*, p. 279, 1913.

[2]) A. a. O.

Besprechungen.

Der Jahresbericht der Smithsonian Institution in Washington für das Jahr 1911 ist ein Band von 700 Seiten, die ersten 100 enthalten den eigentlichen Bericht der Abteilungsvorsteher, die andern 600 Seiten etwa 40 Aufsätze, die den verschiedensten Gegenständen aus allen Zweigen der Naturwissenschaften, der reinen wie der angewandten, gewidmet sind. Dieser 600 Seiten um-

fassende *General Appendix* dient genau dem Zwecke, für den das Institut selber gegründet worden ist, der „Mehrung und der Ausbreitung des Wissens unter den Menschen".

Die Smithsonian Institution hat seit mehr als 60 Jahren einen mächtigen Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft in den Vereinigten Staaten ausgeübt, und angesichts der in den letzten Jahren erfolgten Gründung der Institute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hat sie ganz besonderen Anspruch auf unser Interesse.

Das Institut wurde durch eine Kongreßakte im Jahre 1846 den Bestimmungen des Testamentes von *James Smithson* gemäß gegründet, der im Jahre 1826 den Vereinigten Staaten sein Vermögen hinterlassen hatte *for the increase and diffusion of knowledge among men*. Aus den Zinsen des Legates wurde das Smithsonian Building errichtet auf einem Grundstück, das die Vereinigten Staaten zur Verfügung stellten. Mit den aus ihm herausgewachsenen und zu ihm gehörigen Instituten, dem Nationalmuseum, dem Bureau für amerikanische Ethnologie, dem Zoologischen Garten, dem astrophysikalischen Observatorium, dem Bureau des internationalen Kataloges für wissenschaftliche Literatur, seiner Bibliothek, seinen Veröffentlichungen und seinem internationalen Austauschbetriebe dient das Institut tatsächlich international der gesamten Naturwissenschaft, der biologischen wie der physikalischen, aber auch der Anthropologie und der Archäologie. Die statutenmäßigen Mitglieder sind der jeweilige Präsident der Vereinigten Staaten, der Vizepräsident, der Präsident des höchsten Gerichtshofes und die verschiedenen Staatssekretäre (der Finanzen, des Krieges, der Flotte usw.). Der Jahresbericht wird an das Kuratorium erstattet (Board of Regents), dessen Mitglieder der Vizepräsident und der Präsident des obersten Gerichtshofes der Vereinigten Staaten ex officio sind, ferner drei Mitglieder des Senats, drei Mitglieder des Repräsentantenhauses und sechs Bürger, „von denen zwei in Washington wohnen sollen, und die andern vier Einwohner irgendeines Staates, aber nicht zwei davon desselben Staates, sein sollen". Verantwortlicher Leiter des Instituts ist der Sekretär (*Charles D. Walcott*), der der ausführende Beamte des Kuratoriums ist.

Der permanente Fonds des Institutes beträgt ungefähr eine Million Dollar, von denen weit über eine halbe Million aus dem Smithsonschen Legat und über eine viertel Million aus einer Schenkung von *Thomas G. Hodgkins* aus den Jahren 1891 und 1894 stammen. Das Vermögen des Institutes wird von dem Schatzamt der Vereinigten Staaten mit 6 % verzinst. Während des Berichtsjahres 1911 betrug das Einkommen des Institutes 83 435,30 Dollar. Es setzte sich zusammen aus 58 375,12 Dollar Zinsen des permanenten Fonds, 14 518,43 Dollar aus Beiträgen für besondere Zwecke und 10 541,75 Dollar aus diversen kleinen Quellen. Mit dem Vortrag von 35 364,88 Dollar aus dem Jahre 1910 betrugen die gesamten dem Institut während des Berichtsjahres 1911 zur Verfügung stehenden Mittel 118 800,18 Dollar. Davon hat das Institut in dem Berichtsjahre 86 374,52 Dollar verbraucht, so daß es in das Berichtsjahr 1912 noch mit einem Überschuß von 32 425,66 Dollar hineinging.

Freunde des Instituts haben in großzügigster Weise Stiftungen gemacht, z. B. um Forschungsreisen auszurüsten, wie im Falle der afrikanischen Expedition und neuerdings der Expedition zur biologischen Untersuchung der Panamakanalzone. Der Referent schreibt: „Besonders zu gedenken ist des Motivs, das *George W. Poore* in Lowell, Mass., der am 17. Dezember 1910 gestorben ist, veranlaßt hat, der Smithsonian Institution ein Legat auszusetzen. Durch das Testament werden 40 000 Dollar vermacht unter der Bedingung, daß die Zinsen daraus zum Kapital geschlagen werden, bis es 250 000 Dollar beträgt, und daß dann die Zinsen daraus nur für die Zwecke verwendet werden, für die das Institut gegründet worden ist. Die Testamentsverfügung schließt mit den Worten: „Ich setze dieses Legat aus, nicht so sehr wegen seines Betrages, als weil ich andere Amerikaner dazu anzuspornen hoffe, eine so weise und wohltätige Einrichtung zu unterstützen und zu fördern, die, wie ich glaube, die Smithsonian Institution ist, und die doch von amerikanischen Bürgern vernachlässigt und übersehen worden ist."

Aus den Berichten der Abteilungsvorsteher geht die ungeheure Vielseitigkeit der Interessen hervor, denen das Institut dient. Der Bericht über das National-Museum spricht von einem gewaltigen Zuwachs an Tieren, Pflanzen, geologischen, paläontologischen und anthropologischen Objekten, von Gemälden, die der National Gallery of Art überwiesen wurden, dazu von Kunstgegenständen und anthropologischen Objekten, die dem Museum als Leihgaben überwiesen wurden. Für die Zugänge des letzten Jahres besonders wichtig war eine Untersuchung in Argentinien, die im Auftrage des Instituts von dem Anthropologen Dr. *Hrdlicka* zusammen mit dem Geologen Dr. *Wallis* unternommen worden war, um die Beweise, die sich auf das Alter der Menschen in jenen Gegenden beziehen, zu prüfen. Von dieser Reise wurden etwa 3400 Schädel, 6000 Knochen und 1500 archäologische Gegenstände nach Washington gebracht. Der Bericht spricht ferner von Sammlungen aus Liberia und Abessinien, von einer Afrikareise zum Zweck zoologischer Forschungen und dergleichen mehr. Eines besonders wertvollen Zuwachses wird gedacht, den das Museum durch eine Sammlung von Mollusken aus Alaska und durch eine andere Molluskensammlung erfuhr, die viele Tausende von japanischen Arten enthielt und ihm von der Kaiserlichen Universität in Tokio zuging. Die Pflanzensammlung wurde um mehr als 38 000 Nummern vermehrt, meist aus dem Studium der Panamakanalzone herstammend. —

Besonders reichhaltig ist der Bericht über die Abteilung für amerikanische Ethnologie. Die Abteilung ist seit einer Reihe von Jahren mit Untersuchungen über die ersten Einwohner Amerikas beschäftigt, und wenn auch noch ein ungeheures Material zu verarbeiten bleibt, so haben die Forschungen doch allmählich ein Stadium erreicht, in dem es möglich geworden ist, manche Ergebnisse in die Form von Handbüchern zu bringen, die besonders auch zum Gebrauch für den nicht-fachmäßig Interessierten bestimmt sind; die Nachfrage nach diesen Publikationen ist, wie der Bericht mitteilt, außerordentlich groß. Selbstverständlich haben die Arbeiten dieser Abteilung des Institutes in erster Linie, ja größtenteils, amerikanisches Interesse; anders dagegen z. B. die Arbeiten des astrophysikalischen Observatoriums.

Das Observatorium ist während des Berichtsjahres hauptsächlich mit drei Arbeiten beschäftigt gewesen. Die spektrobolometrischen Beobachtungen wurden fortgesetzt, um die im letzten Jahresbericht geäußerte Vermutung weiter zu prüfen, daß die Messungen der Intensität der Sonnenstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre unabhängig ist von der Höhe des Beobachters über dem Meere.

Demgemäß wurden viele Monate hindurch täglich Beobachtungen zur Ermittelung der Solarkonstante auf dem Mount Whitney angestellt, wo auch reichlich Gelegenheit war, die Helligkeit des Himmels Tag und Nacht zu messen, den Einfluß des Wasserdampfes auf das Sonnenspektrum zu messen und die spektrale Verteilung der Sonnenenergie außerhalb der Atmosphäre zu ermitteln. Die Ergebnisse der Beobachtungen zeigen keine Ab-

weichung, die auf die Höhendifferenz zwischen Mount Wilson (5840 Fuß) und Mount Whitney (14 502 Fuß) zurückzuführen wäre.

Ferner sollten weitere Beobachtungen über die *Veränderlichkeit* der Solarkonstante beigebracht werden. Die Beobachtungen auf dem Mount Wilson ergaben, daß die Sonnenstrahlung von Tag zu Tag sowohl der Periode wie der Größe nach ganz unregelmäßig variiert. Die endgültige Ermittlung der Gesetze für die anscheinende Veränderlichkeit der Solarkonstante dürfte für die Erkennung ihres Einflusses auf klimatische Einflüsse und damit für eine langfristige Wettervorhersage wertvoll werden. Ferner sind Messungen gemacht worden, um die Durchsichtigkeit von Luftsäulen, die bekannte Quantitäten Wasserdampf enthalten, für Strahlungen langer Wellenlänge zu ermitteln. — Der Bericht hebt außerdem hervor, daß Abmachungen mit den verschiedensten Observatorien getroffen worden sind, um sie zu veranlassen, das Silberscheibenheliometer, das von dem Direktor des astrophysikalischen Observatoriums des Instituts konstruiert worden ist, zu benutzen. Man hofft, auf diesem Wege nicht nur eine Einheitlichkeit in der Messung der Sonnenstrahlung zu erzielen, sondern auch eine sehr viel genauere Kenntnis der Sonnenstrahlung und des Einflusses der Erdatmosphäre darauf. Zugleich gibt der Bericht, der von *Abbot*, dem rühmlichst bekannten Astrophysiker, unterzeichnet ist, eine Abbildung des Pyrheliometers und eine reichliche Zusammenstellung von Tabellen und Kurven, um die Arbeit dieses Teiles des Instituts zu erläutern.

Von allgemeinem Interesse ist ferner der Bericht über den internationalen Austauschdienst, der infolge eines Vertrages zwischen den Vereinigten Staaten und verschiedenen fremden Nationen eingerichtet worden ist; er dient dem Austausch von Publikationen zwischen der Regierung der Vereinigten Staaten und fremden Regierungen, und Instituten und Forschern in den Vereinigten Staaten und im Auslande. — *Für den Austauschverkehr mit Deutschland ist in dem „Amerika-Institut", das seine Räume in der Königlichen Bibliothek in Berlin hat, eine Zentralstelle geschaffen worden. In dem am 31. Dezember 1912 endenden Jahre sind im ganzen 34 591 Pakete zwischen der Smithsonian Institution und Deutschland ausgetauscht worden. Das im Oktober 1910 unter Mitwirkung des preußischen Kultusministeriums gegründete Institut dient überhaupt der Pflege kultureller Beziehungen zwischen den Vereinigten Staaten und Deutschland.*

Die übrigen Berichte der Abteilungsvorsteher beziehen sich auf den Zoologischen Garten (das Institut unterhält auch seit 18 Jahren einen Arbeitsplatz auf der Zoologischen Station in Neapel), auf die Bibliothek, die ca. 250 000 Bände umfaßt, und die im wesentlichen in der Kongreßbibliothek untergebracht und dort allen Lesern zugänglich ist — eine Präsenzbibliothek wird außerdem in dem Institut unterhalten —, die Publikationen des Instituts usw. Es sind im ganzen neun derartige Berichte. Hieran schließt sich der bereits charakterisierte *General Appendix* mit ca. 40 Aufsätzen. Er gibt in der Tat einen bewunderungswürdigen und vorbildlichen Bericht über den augenblicklichen (auf das Berichtsjahr bezogen) Stand der Naturwissenschaften auf allen Gebieten. Die Aufsätze, die das Neueste auf den in ihnen behandelten Gebieten bringen, sind fast durchweg amerikanischen, deutschen, englischen und französischen wissenschaftlichen Veröffentlichungen entnommen und stammen im wesentlichen aus dem Jahre 1911. Sie behandeln zum Beispiel den Kreiselkompaß, die drahtlose Telegraphie (vor der Royal Institution gehaltener Vortrag von *Marconi*), neue Versuche mit unsichtbarem Licht (ebenda gehaltener Vortrag von *Wood*), die neuesten Leistungen der Elektrochemie (vor der American Electrochemical Society gehaltener Vortrag von *Richards*), die Erzeugung und Erkennung künstlicher Edelsteine, die neuesten Fortschritte der Astronomie, das Alter der Erde, das Schlangeninstitut in Butantan, die baumartigen Farnkräuter in Nordamerika, die Physiologie des Schlafes, Fabrikhygiene und Fabrikationsnutzen, das Lebenswerk *Robert Kochs*, die Sterilisierung des Trinkwassers durch ultraviolette Strahlen, die internationale Luftverkehrskarte und die aeronautischen Landmarken, die geologische Arbeit der Ameisen im tropischen Amerika (Vortrag vor der Geological Society of America), die chinesische Architektur und ihre Beziehung zur chinesischen Kultur (von *Boerschmann* aus der Zeitschrift für Ethnologie) und vieles andere dergleichen mehr.

Der stattliche Jahresbericht bildet schon dieses *General Appendix* wegen eine überaus schätzenswerte Bereicherung jeder naturwissenschaftlichen Bibliothek. Als Ganzes aber wird er jeden, dem die „Mehrung und die Ausbreitung des Wissens unter den Menschen" am Herzen liegt, mit Bewunderung für den Stifter des Instituts erfüllen, der vor nahezu hundert Jahren und noch dazu in dem jüngsten aller Kulturländer eine für die damalige Zeit sicherlich ungeheure Summe einer Aufgabe dienstbar gemacht hat, deren Erfüllung auch heute noch in den ältesten Kulturländern dem Staate nur zum kleinsten Teile von dem Privatvermögen abgenommen wird, in den Vereinigten Staaten aber dank dem vorbildlichen Beispiele *James Smithsons* überwiegend von dem Privatvermögen geleistet wird.

A. Berliner, Berlin.

Arrhenius, Svante, Das Werden der Welten. Aus dem Schwedischen übersetzt von *L. Bamberger*. 9.—12. Tausend. Leipzig, Akad. Verlagsgesellsch., 1913. 8°. XI, 231 S. u. 60 Abbild. Preis geh. M. 5,—, geb. M. 6,—.

Wenn *Arrhenius* seine kosmogonischen Gedanken zu einem Gesamtbilde zusammenfaßt, so bedarf es kaum des Hinweises, daß hierbei ein überaus anziehendes Werk voll Gedankenreichtum und Anregungen sowohl zum Nachdenken wie zum Widerspruch entsteht. Der Erfolg des Buches bestätigt das. Bei der Besprechung dieser neuen, vielfach überarbeiteten und ergänzten Ausgabe kann es nicht die Aufgabe sein, Einzelheiten der Kosmogonie zu kritisieren und entgegenstehende Anschauungen zu verteidigen. Ein Buch, das — wie „Das Werden der Welten" — die brennendsten Fragen der Astronomie und Physik, Geologie und Meteorologie erörtert, wird je nach dem Spezialfache des Referenten eine verschiedene Beurteilung finden, sobald dieser die kritische Sonde etwas tiefer anlegt, und er wird dann das Buch nicht mit wenigen Worten abtun können. Die Grundgedanken der Arrheniusschen Lehre — die Bedeutung des Strahlungsdruckes für die Verbreitung des Sonnenstaubes, die Panspermie zur Erklärung des Ausbreitens des Lebens im Weltall, der wechselnde Kohlensäuregehalt der Luft als Ursache verschiedener Klimaepochen — sind Probleme, welche die Fachgelehrten in ihren Zeitschriften genügend erörtert haben. An dieser Stelle soll nur der Gedankengang des Autors kurz skizziert werden, um einen Begriff von dem Inhalt des Buches zu geben.

Im „Werden der Welten" behandeln die beiden ersten Kapitel die Erde und die sich in der Jetztzeit auf ihr abspielenden Veränderungen. Die Schilderung von Vulkanismus und Erdbeben führt zu Erörterungen über Temperatur und Zusammensetzung des Erdinnern und von hier zu Betrachtungen über die Entstehung der Erde und der benachbarten Planeten. Bei Besprechung des Wechsels von Klimaperioden geht der Verfasser

natürlich auf seine Anschauung, daß der Kohlensäuregehalt der Luft hierbei eine große Rolle spielt, näher ein. Charakteristisch für ihn ist, daß er sogar der jetzigen Kohlenverschwendung und in geringerem Maße auch den vulkanischen Ausbrüchen ihre guten Seiten abzugewinnen sucht; er hofft, daß sie durch Erhöhung des Kohlensäuregehalts der Luft dazu beitragen, daß wir uns allmählich gleichmäßigeren und damit besseren Klimaverhältnissen nähern, Zeiten, wo sich die Ernteerträge vermehren und so zum Nutzen des rasch anwachsenden Menschengeschlechts werden.

Die zwei folgenden Kapitel sind vorwiegend astronomisch; sie behandeln die Strahlung und Konstitution der Sonne sowie den Strahlungsdruck. Auch hier wird die Betrachtung von einer spezifisch Arrheniusschen Idee geleitet, von der Bedeutung des Strahlungsdruckes für das Hinausschleudern von Sonnenstaub und für die Entstehung elektrischer Erscheinungen; das führt zur Hervorhebung der Wirkung des Sonnenstaubs in der Erdatmosphäre für Polarlicht und Erdmagnetismus. Auch das Zodiakallicht wird durch Sonnenstaubmassen erklärt.

Erörterungen über Energieentfaltung im Sonnensystem leiten über zur Frage nach der Entstehung der Nebelflecke und zum Milchstraßenproblem. Der Zusammenstoß von Himmelskörpern spielt hierbei eine große Rolle. *Arrhenius* schließt etwa folgendermaßen: Würde nur die Newtonsche Schwerkraft wirken, so müßten die Himmelskörper danach streben, sich zu immer größeren Massen zusammenzuballen; schließlich würden nur noch große, teils leuchtende, teils erloschene Sonnen existieren und alles Leben würde unmöglich sein. Die tatsächlich andersartige Entwicklung erklärt sich durch Strahlungsdruck und Zusammenstöße zwischen Himmelskörpern. Durch Zusammenstöße entstehen große Gaswirbel um nebelfleckartige Gebilde; durch Strahlungsdruck wird kosmischer Staub in die Wirbel hineingeführt, und bildet dort, zusammen mit den Kondensationsprodukten aus den umgebenden Gasmassen, Planeten und Monde.

Auch bei der Ausbreitung des Lebens durch den Weltenraum, welche im Schlußkapitel besprochen wird, spielt der Strahlungsdruck bzw. die dadurch ausgelöste elektrische Kraft eine Rolle. Die Theorien der „Panspermie", nach welchen Lebenssamen in den Welträumen umherirren, erhalten dadurch ein neues Gewand.

Arrhenius vertritt die Ansicht, daß durch seine Darstellung die Harmonie des Weltganzen erhalten bleibt. Die Entdeckung der Unzerstörbarkeit der Energie hat die kosmogonischen Probleme sehr erschwert; nicht minder hat dies die Lehre von der Entwertung der Energie mit dem Endzustand des Würmetods getan. Aus diesen Schwierigkeiten hat *Arrhenius* einen Ausweg gesucht, der darauf hinausläuft, daß die Energie „verschlechtert" wird bei Körpern, die sich im Sonnenstadium befinden, dagegen „verbessert" bei solchen, welche dem Nebelfleckstadium angehören. Das Leitmotiv der ganzen Darstellung ist die Ansicht, „daß das Weltganze seinem Wesen nach stets so war, wie es noch jetzt ist: Materie, Energie und Leben haben nur Form und Platz im Raum gewechselt".

R. Süring, Potsdam.

Arrhenius, Svante, Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten. Das Werden der Welten, neue Folge. Aus dem Schwedischen übersetzt von *L. Bamberger*. 4. bis 6. vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig, Akad. Verlagsgesellsch., 1911. 8°. XII. 206 S. Preis M. 6,—.

Diese als Ergänzung zum vorigen Buche gedachte Schrift bietet dem Leser im allgemeinen weniger Schwierigkeiten als die vorige, da es sich in der Hauptsache um die geschichtliche Entwicklung der kosmogonischen Ideen handelt. Die Darstellung ist äußerst reizvoll, da mit besonderem Geschicke solche Vorstellungen herausgegriffen sind, an denen sich stufenweise der Übergang zu modernen Anschauungen verfolgen läßt. Die Darstellung geht zurück bis zu den niedrigsten Naturvölkern, bis zu den Zeiten, in welchen noch keine direkten Naturbeobachtungen angestellt wurden, um Kenntnis vom Verlauf der Erscheinungen zu erhalten. „Die Naturwissenschaften kleiden sich unter solchen Verhältnissen in das Gewand der Mythe, auf einer höheren Stufe in den faltenreichen Mantel der Philosophie." Es wird der Fortschritt von den primitiven Schöpfungssagen zu der ägyptischen Sonnenanbetung, zum Ewigkeitsbegriff der Inder und zur skandinavischen Eddasage hervorgehoben.

Eine neue Epoche beginnt nach *Arrhenius* da, wo man anfängt, Beobachtungen und Erscheinungen zu sammeln. Das führt zum Suchen nach allgemeinen Regeln, es beginnt die Tätigkeit des Theoretikers; man sagt den Gang der Ereignisse voraus und kommt durch Prüfung der Weissagungen zu immer größerer Verbesserung der Naturerkenntnis. Anfangs war die Kenntnis der Zeit besonders wichtig; aus den hierzu nötigen Beobachtungen entstanden die Vorstellungen von der Natur der Himmelskörper. Diese Bemühungen fallen bereits in historische Zeiten. „Die Religion der ältesten Kulturvölker hat sich offenbar aus einer göttlichen Verehrung der Vorausberechnung der Zeit entwickelt." Demgemäß sind zwei Kapitel den ägyptischen, babylonischen, chinesischen Astronomen und Philosophen sowie ihren arabischen Nachfolgern gewidmet.

Den Hauptteil des Buches nehmen natürlich die kosmogonischen Spekulationen der Neuzeit ein. Aus der großen Zahl der verschiedenen Meinungen sei hier nur die kritische Abwägung der Verdienste von *Buffon*, *Kant* und *Laplace* um die Erklärung der Entstehung des Sonnensystems hervorgehoben, wobei *Buffon* weit über *Kant* gestellt wird. Die neueren astronomischen Entdeckungen über Eigenbewegung und Temperatur der Sterne führen dann zu der vom Verfasser so bevorzugten Annahme von der Bedeutung des Strahlungsdruckes. Das Buch hat von hier an eine stark persönliche Note und zeigt mehrfach Ähnlichkeit mit der vorher besprochenen Schrift des Verfassers. Bei der Definition des Energie- und des Unendlichkeitsbegriffes in der Kosmogonie hebt er wieder die Natur der Nebelflecke als Ansammler von Energiemengen hervor. — Wie man auch über die Richtigkeit solcher Betrachtungen denken mag, man wird immer den Entwicklungsgang dieser Gedanken mit Interesse verfolgen.

R. Süring, Potsdam.

Chwolson, O. D., Lehrbuch der Physik. IV. Bd., 2. Hälfte, 1. Abteilung. Unter Mitwirkung von *A. A. Dobiasch* und *A. L. Gerschun*. Übersetzt von *H. Pflaum* und *A. B. Fochringer*. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1913. 446 S. u. 114 Abbild. Preis M. 7,50.

Der vorliegende Teil des Chwolsonschen Lehrbuchs umfaßt die Abschnitte: Konstantes Magnetfeld (Fortsetzung) und Veränderliches Magnetfeld. In dem ersten Abschnitt werden die Kapitel: Einwirkung des Magnetfeldes auf die in demselben befindlichen Körper, Methoden und Resultate der Messungen von elektrischen Widerständen, Messung der Stromstärke, der elektromotorischen Kraft und der magnetischen Feldintensität behandelt. Der zweite Abschnitt umfaßt die Kapitel: Induktion, die Maxwellsche Theorie, die Grundlagen der Elektronentheorie und das Relativitätsprinzip.

Besonders die in dem zweiten Abschnitt behandelten

Kapitel werden von vielen Physikern, welche das übrige Lehrbuch von *Chwolson* bereits kennen, mit Spannung erwartet worden sein; in diesen werden ja die Probleme zur Sprache gebracht, denen sich heute das Interesse aller am meisten zuwendet. In der Tat ist die Darstellung, welche *Chwolson* den neueren Fragen gibt, eine außerordentlich interessante. Aus den früheren Teilen des Lehrbuches ist ja die überaus klare Darstellungsweise *Chwolsons* hinlänglich bekannt, welche in wenig Worten das Wesentliche in die rechte Bedeutung zu rücken versteht. Noch mehr als bei den früheren Teilen tritt aber hier die Fähigkeit des Verfassers hervor, welche gerade für den reiferen Leser das Buch so wertvoll macht: die Fähigkeit an rechter Stelle *Kritik* zu üben. *Chwolson* selbst sagt an einer Stelle (p. 443): „Der Verfasser eines Lehrbuches soll selbstverständlich in objektiver Weise den Inhalt der Wissenschaft im gegebenen Moment darstellen und gewissenhaft die Ansichten der verschiedenen Forscher wiedergeben. Die persönlichen Ansichten des Autors müssen in den Hintergrund treten. In den vorhergehenden Bänden und in den Kapiteln dieses Bandes habe ich mich bemüht, dieser Bedingung zu genügen. *Aber alles hat seine Grenzen.*" Die Art und Weise, wie *Chwolson* diese seine Kritik in seine Darstellung einpflicht, ist meisterhaft und dem Leser vom größten Nutzen. Man vergleiche dazu zum Beispiel die Einleitung zur Maxwellschen Theorie oder den ganzen Abschnitt über das Relativitätsprinzip. Man fühlt die Begeisterung, mit der *Chwolson* an diese modernste Disziplin herangeht, man sieht, daß er mit denen, die am kühnsten vorangehen, gleichen Schritt hält, sieht aber andererseits überall den erfahrenen Physiker, der schon viele Theorien erlebt hat und hört warnend seine Stimme, wenn er, wie z. B. in der Uhrenfrage (p. 442), Anschaulichkeit über Exaktheit gesetzt sieht.

Erich Regener, Berlin.

Graetz, L., Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Band IV, Lieferung 1. Magnetismus von *F. Auerbach*. Leipzig, J. A. Barth, 1913. III, 270 S. u. 178 Abbild. Preis M. 10.—.

Die vorliegende erste Lieferung des vierten Bandes des Graetzschen Handbuches der Elektrizität umfaßt den engeren Magnetismus mit den Abschnitten: Magnetismus im allgemeinen, Theorie der magnetischen Induktion und magnetische Messungen. Sie stammen aus der Feder von *F. Auerbach*, welcher auch die entsprechenden Kapitel in Winkelmanns Handbuch der Physik bearbeitet hat. Die Anordnung des Materials und die Darstellung ist eine sehr sorgfältige. Entsprechend dem engeren Gebiete, welches das Graetzsche Handbuch umfaßt, ist sie auch ausführlicher als in Winkelmanns Handbuch. Von Vorteil für die Anordnung des Stoffes scheint dem Referenten, daß jetzt die Theorie der magnetischen Induktion vor den magnetischen Messungen behandelt wird. Ein Kapitel über moderne magnetische Meßpraxis wird dem Techniker willkommen sein.

Erich Regener, Berlin.

Campbell, Norman R., Moderne Elektrizitätslehre. Übersetzt von Dr. *Ulfilas Meyer*. Dresden u. Leipzig, Theodor Steinkopff, 1913. XI, 423 S. Preis geh. M. 14,—, geb. M. 15,50.

Es ist im allgemeinen — insbesondere für den Studierenden — nicht einfach, sich über diejenigen Gebiete der Elektrizität und Optik zu orientieren, die über den Rahmen der üblichen Lehrbücher der Experimentalphysik hinausgehen, deren Kenntnis jedoch für das Verständnis derjenigen Fragen unerläßlich ist, die zurzeit den Gegenstand der physikalischen Forschung bilden. Aus diesem Gesichtspunkt ist es sehr zu begrüßen, daß Dr. *U. Meyer* das Campbellsche Buch nach der jüngst erschienenen zweiten englischen Auflage ins Deutsche übertragen hat.

Der erste Teil, „die Elektronentheorie", beginnt mit einer Einführung in die Maxwellschen Vorstellungen und in die atomistische Auffassung der Elektrizität. Der Gegensatz von Isolator und Leiter führt zur atomistischen Deutung der Dielektrizitätskonstante und der Dispersionstheorie einerseits, zur metallischen Leitung und den übrigen zurzeit durch freie Elektronen erklärten Erscheinungen anderseits. Hier sei nebenbei auf die erfreulich kritische Stellung des Autors gegenüber den Thermoionen hingewiesen. Es folgen die Elektrizitätsleitung durch Gase, d. h. also Ionen im elektrischen Felde, und die im Vakuumrohre beobachteten Korpuskularstrahlen, dann kommen die klassische sowie die Elektronentheorie des Magnetismus und die als „Magnetooptik" zusammengefaßten Erscheinungen der nach *Faraday*, *Kerr* und *Zeeman* benannten Phänomene.

Der zweite Teil behandelt die Strahlung: zuerst die korpuskulare Strahlung der radioaktiven Substanzen, dann das Licht und endlich die elektromagnetische Strahlung, die bei der Bremsung schneller Elektronen auftritt, d. h. also Röntgen- und γ-Strahlen. Im Falle des Lichts wird ein sehr klarer Überblick sowohl über das umstrittene Problem der Temperaturstrahlung gegeben, wie auch eine Einführung in das dunkle Gebiet der Serien- und Bandenspektra, der lichtelektrischen Elektronenemission, der Fluoreszenz usw.

Der letzte Teil trägt die Überschrift: „Elektrizität und Materie" und bringt die bekannten Atommodelle sowie die mit dem Relativitätsprinzip zusammenhängenden Erscheinungen: die Optik bewegter Körper, Licht und Gravitation u. a.

Das Buch beschäftigt sich „mehr mit Theorien als mit Tatsachen; letztere sind nur beschrieben, wenn sie für die betrachteten Theorien wesentlich sind und wenn nicht sicher angenommen werden darf, daß sie den Lesern, an die sich das Buch wendet, vertraut sind". „Wenn die Darstellung den Lesern mit den schlimmsten Fehlern der englischen Wissenschaft, einem Hang zur Oberflächlichkeit und unbegründeter Spekulation, behaftet erscheint", so vermag *Campbell* „nur zu vertrauen, daß sie in ihm auch einen geringen Teil der guten Eigenschaften finden werden, welche die englische Schule noch jetzt dem Genie ihres Gründers *Michael Faraday* verdankt." *Campbells* eigene Worte geben das Charakteristische seiner Darstellung sehr gut wieder, das Streben nach Anschaulichkeit und einfacher Klarheit, das gewiß kein Ausländer zu den Nachteilen der englischen Methode rechnen wird. Einen wirklich „schlimmen Fehler" vieler englischer Arbeiten, eine oft geradezu überraschende Nichtbeachtung der deutschen Literatur, vermeidet *Campbell* durchaus und die Art, wie *Campbell* am Ende jedes einzelnen Abschnittes den Leser mit wenigen kritischen Worten auf die zum weiteren Studium geeigneten Bücher und Quellen hinweist, dürfte in vielen Fällen willkommen sein.

R. Pohl, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Spektroskopische Bestimmungen der Geschwindigkeit in der Gesichtslinie von etwa 900 Fixsternen sind nach Mitteilungen von Prof. *Campbell* im Bulletin Nr. 229 der Veröffentlichungen der nordamerikanischen Lick-Sternwarte, besonders am 36-zölligen Refraktor jener Sternwarte, aber auch mit den Instrumenten der amerikanischen Mill-Expedition nach Chile durchgeführt

worden. Dadurch ist ein neuer wesentlicher Beitrag für unsere Kenntnis von den Sternbewegungen im Weltenraume geliefert worden und zwar für die verschiedenen Spektralklassen der Sterne. — *Entfernungsbestimmungen von 14 nördlichen Fixsternen* zwischen der 4. und 11. Größenklasse und von verschiedenen Spektraltypen sind auf photographischem Wege am größten Linsenteleskop der Erde, dem 40-zölligen Refraktor der bei Chicago gelegenen Yerkes-Sternwarte ausgeführt und von Prof. *Mitchell* (Columbia-Universität) im 38. Bande Nr. 1 des *Astrophysical Journal* veröffentlicht worden.

Eine neue großartige Stiftung des Carnegie-Instituts in Washington ist diesmal einer nordamerikanischen Sternwarte, und zwar der Sonnenwarte auf dem Mount Wilson, zuteil geworden, die unter Prof. *Hales* ausgezeichneter Leitung steht. Über eine Million Mark hat das Carnegie-Institut jenem Bergobservatorium für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt, wofür großartige Spiegelteleskope (u. a. ein 100-zölliger Spiegel, also über 2½ m im Durchmesser) fertiggestellt werden, die den amerikanischen Astronomen ungeahnte Entdeckungen im Himmelsraume ermöglichen können.

Über die diesjährige Versammlung der Astronomischen Gesellschaft, die Anfang August diesmal in Hamburg tagte, macht Prof. *Kobold*-Kiel in Form eines zusammenfassenden Berichts wertvolle Mitteilungen in Nr. 4677 der *Astronomischen Nachrichten*. Nach Angaben des Vorsitzenden Prof. *v. Seeliger*-München zählt die Gesellschaft jetzt 426 Mitglieder, die sich über fast alle Länder der Erde verteilen und sich zur Lösung der hohen Aufgabe vereinen, durch gemeinsame Arbeit die Welt der Welten zu erforschen. Nach dem Bericht von Prof. *Backlund*-Petersburg ist das Zonenunternehmen der Astronomischen Gesellschaft zur Herstellung eines umfassenden Sternkataloges nunmehr nach Absolvierung der letzten, von der Sternwarte Algier übernommenen Sternzone zwischen — 18° und — 23° Deklination vollendet. Nach dem Bericht von Prof. *Müller*-Potsdam ist der Katalog der veränderlichen Sterne soweit gefördert, daß im nächsten Jahre mit dem Druck desselben begonnen werden kann. Es folgte dann eine große Reihe wichtiger Vorträge, von denen Prof. *Seeligers* über absolute Bewegung, Raum und Zeit, Prof. *Brendels* über die Bearbeitung der kleinen Planeten, Prof. *Großmanns* über Sternparallaxen (40 Fixsterne zeigen bisher eine sichergestellte Parallaxe), Prof. *Charliers* über Eigenbewegung und Störung der Himmelskörper, Dr. *Hayns* über Mondmessungen und Prof. *Foersters* über Vergangenheit und Zukunft der Astronomischen Gesellschaft hier erwähnt seien; sämtliche Vorträge und Referate werden übrigens in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft im Druck erscheinen. Als Ort der nächsten Tagung in zwei Jahren wurde einstimmig St. Petersburg gewählt.

In dem *Internationalen Zeitdienst*, der auf französische Anregung eingerichtet werden soll, hat nach Mitteilungen von Prof. *Ambronn*-Göttingen in Nr. 4677 der *Astronomischen Nachrichten* eine besondere, in Berlin tagende Konferenz deutscher Fachleute Stellung genommen. Das Hauptergebnis dieser Konferenz war, nach Prof. *Ambronns* Referat in den *Astronomischen Nachrichten*, daß von einem solchen internationalen Zeitdienste für speziell astronomisch-wissenschaftliche Zwecke keine Vorteile zu erwarten wären, daß aber auf anderen Gebieten bei gemeinsamer Organisation allgemeine Zeitsignale wichtig sein würden. Es wurde daher der Beitritt Deutschlands zur Internationalen Zeitkonferenz beschlossen. Nach Ansicht des Unterzeichneten muß dieser Beschluß im Interesse der gesamten Ortsbestimmung für geographische, nautische und aeronautische Zwecke mit Freuden begrüßt werden.

Störungseinwirkungen des Jupiter auf 100 kleine Planeten teilt in Nr. 4677 der *Astronomischen Nachrichten* Prof. *Brendel*-Frankfurt a. M. mit. Bekanntlich geht der Hauptteil aller Störungen auf die Bahnelemente der nunmehr über 740 an Zahl betragenden Planetoiden von dem zweiten Zentralkörper unseres Sonnensystems, dem Riesenplaneten Jupiter aus. Auch für viele der übrigen Planetoiden sind die Störungsrechnungen bereits auf der Frankfurter Sternwarte in Arbeit; freiwillige Mitarbeiter sind dabei willkommen, die jedoch zur Vermeidung von Doppelrechnungen sich mit Prof. *Brendel* in Verbindung setzen sollten. *A. Marcuse.*

Kleine Mitteilungen.

Die Funktion der Statocysten ist in den letzten Jahren bei einer Reihe wirbelloser Tiere Gegenstand der Forschung gewesen. Daß für diese Organe durchweg die *Schwerkraft* den adäquaten Reiz darstellt, haben alle Untersuchungen ergeben, während man aber früher ganz generell die Statocysten als „Gleichgewichtsorgane" auffaßte, haben die neueren Untersuchungen ergeben, daß sie vielfach der reflektorischen Auslösung von Bewegungen dienen, die mit der Erhaltung des Gleichgewichts gar nichts zu tun haben, ja vielfach schon deshalb nichts zu tun haben können, weil die Tiere, die sie besitzen, sich im stabilen oder gar im indifferenten Gleichgewicht befinden. Die Reflexe, welche durch die Statocysten ausgelöst werden, und die generell die Erhaltung einer bestimmten *„Normallage"* bewirken, haben bei mehr oder minder labil orientierten Schwimmern, Fliegern, Läufern und Springern eine spezifische „Balancefunktion", wie *Baunacke (Biol. Centralbl.* Bd. *33*, 1913, p. 427—452) es treffend nennt, bei anderen Formen aber, z. B. bei dem Fischerwurm (Arenicola) oder der Seewalze Synapta (nach *Buddenbrock)* sowie bei den Wasserwanzen der Gattung Nepa (nach *Baunacke, Zool. Jahrb.* Bd. *34, Abt. f. Anat.* 1912), dienen sie der Auslösung von positiv- oder negativ-geotaktischen Bewegungen und bei den Schnecken (Arion, Limax, Helix) lösen sie typische Umkehrreflexe aus, die ohne Beteiligung der Taster und der Lichtsinnorgane zustande kommen. Von physiologischem Interesse ist in diesen Fällen, in denen nur unter bestimmten Bedingungen durch die Statocysten Reflexe ausgelöst werden, die der Orientierung der Bewegung dienen, die Analyse der Bedingungen, die die Reflexe auslösen, und die sie andererseits hemmen. So wird bei der Seewalze Synapta durch den Reiz des Ausgegrabenwerdens der Reflex des Sich-Eingrabens ausgelöst, der seinerseits durch den Kontaktreiz der Sandpartikelchen, sobald sie das Tier ganz umgeben, gehemmt wird. Bei den Schnecken ist das Freistehen der Kriechsohle die Bedingung, die die Statocyste in Funktion setzt und mit ihrer Hilfe den Umkehrreflex auslöst, während der Kontaktreiz, den die Berührung der Kriechsohle mit einem Substrat bewirkt, zur Hemmung des Umkehrreflexes, d. h. zur physiologischen Ausschaltung der Statocysten führt. Durch eine Reihe einfacher Versuche hat *Baunacke* diese Bedingungen bei den Schnecken festgestellt, wobei sich als Kunstgriff die Ausführung der Versuche unter Wasser als günstig erwies, da die untergetauchten Schnecken niemals die Fühler und Ommatophoren ausstrecken, so daß deren Mitwirkung ohne operative Eingriffe ausgeschaltet und gleichzeitig bei Limax und Arion die negative Heliotaxis aufgehoben ist. *P.*

Auf Grund einer kritischen Verarbeitung der Literatur kommt *Hilzheimer (Zoologische Annalen* Bd. *5*, 1913, p. 233—254) zu dem Resultat, daß die **Hauskatze** durch Domestikation der in Nubien und Abessinien noch jetzt wild lebenden Felis maniculata monophyletisch entstanden sei. Die Domestikation wäre etwa um 2000 v. Chr. durch die Ägypter erfolgt. Im ersten Jahrhundert n. Chr. werden Griechen und Römer mit der zahmen Katze bekannt, und gleichzeitig kommt sie nach Asien. In Deutschland fehlt sie anscheinend noch im achten Jahrhundert und ist selbst im vierzehnten selten. Auch die chinesische Hauskatze sucht *Hilzheimer* von der in Ägypten domestizierten abzuleiten. *P.*

Die viel diskutierte Frage nach der Natur der normalen **Atemreize** hat durch eine schöne experimentelle Untersuchung von *Hasselbalch (Biochem. Zeitschr.* Bd. *46*, 1912, p. 403—439) eine wesentliche Förderung erfahren. Sie bestätigt die schon von verschiedenen Seiten ausgesprochene Vermutung, daß die Erhöhung der Wasserstoff-Ionen-Konzentration des Blutes über eine gewisse Norm hinaus den normalen Reiz für das Atemzentrum darstellt, und daß die Kohlensäure ausschließlich durch ihren Säurecharakter das Atemzentrum erregt. Wie hoch die „normale" Wasserstoff-Ionen-Konzentration des Blutes ist, hängt von der Höhe der Erregbarkeit des Atemzentrums ab. Je höher dessen Erregbarkeit, desto stärker wird die Lunge ventiliert, und desto niedriger wird die Kohlensäurespannung im Blut. Die zwei Faktoren: Säuregehalt des Blutes und Erregbarkeit des Atemzentrums, beherrschen zusammen die chemische Atmungsregulation. *P.*

Die Selbstentzündung der Reduzierventile für verdichteten Sauerstoff. Die Reduzierventile an den mit verdichtetem Sauerstoff gefüllten Stahlflaschen haben wiederholt Explosionen verschuldet. Die Nachforschung nach der Ursache ergab zunächst, daß durch Fette und andere leicht brennbare Stoffe bei Gegenwart von hoch verdichtetem Sauerstoff eine Verbrennung einsetzen und unter Umständen auf die Metalle übergehen kann, die dann so geschwächt werden, daß der Sauerstoffdruck unter gleichzeitigem Versprühen des geschmolzenen und verbrennenden Metalles das Ventil zersprengt. Das konnte aber nicht allein die Ursache der Explosionen sein, denn obwohl Öl, Fettleder und dergleichen mehr durch Glyzerin und Fiber ersetzt wurden, hörten sie nicht auf. Man fand schließlich die Ursache für die Entzündung, wie *Karl Bauer* in der *Werkstatt-Technik* (VII, 16, S. 485, 1913) schreibt, in folgendem: Der Kanal zwischen dem Verschlußstück der Stahlflasche und dem Verschlußstück (aus Hartgummi) des Reduzierventils enthält, wenn die Flasche außer Betrieb ist, niedrig gespanntes Gas. Dieses Gas wird bei plötzlichem Öffnen der Flasche durch den austretenden hoch verdichteten Sauerstoff (im Anfang 150 at) wie von einem Kolben adiabatisch zusammengedrückt und dadurch ungeheuer hoch erhitzt. Ein Gasvolumen, das unter 1 at Druck steht, und auf das ein plötzlicher Druck von 80 at, der *mittlere* Flaschendruck, wirkt, das also auf $^1/_{80}$ seines Anfangvolumens zusammengedrückt wird, wird um 719° erhitzt. Diese ungeheuren Erwärmungen *bei Gegenwart von Sauerstoff* wirken unmittelbar auf das Hartgummistück, das das Reduzierventil abschließt, und das naturgemäß nur wenig Wärme ableiten kann. Damit sind aber alle Bedingungen für *eine Entzündung des Hartgummistückes* gegeben. „Zum Beweise", schreibt *Bauer*, „verschließe man das eine Ende eines etwa 40 cm langen und 4 mm weiten Kupferrohres durch einen Hartgummipfropfen und verbinde das andere Ende durch ein Verschlußventil mit einer Sauerstofflasche. Durch das plötzliche Öffnen der Flasche wird jedes Hartgummistück nach Verlauf von 20—40 Sekunden entflammt — um so schneller, je größer und rauher die von dem erhitzten Gase berührte Fläche ist und je weniger Wärme ableitende Teile vorhanden sind. Die verhältnismäßig lange Zeit zwischen dem ruckweisen Öffnen und der beabsichtigten Explosion erklärt sich daraus, daß die Entzündung nicht sofort auf der ganzen Hartgummioberfläche einsetzt, sondern nur in der Mitte, wo die Temperatur am höchsten ist, und daß ferner der zum Weiterbrennen notwendige Sauerstoff durch die Verbrennungsgase stark verdünnt wird." — Durch eine neue Konstruktion des Reduzierventils hat das *Dräger-Werk Lübeck* die Explosionsgefahr angeblich vollständig beseitigt: das erhitzte Gas, das bei der bisherigen Konstruktion an der der Sauerstoffbombe zugekehrten Fläche des Hartgummis zusammengedrängt wurde, wird jetzt in eine Kammer geleitet, in der die Hitze des komprimierten Gases ganz unschädlich ist und von der Metallmasse bald abgeleitet wird. Reduzierventile mit diesem Ausbrennschutz sollen auch bei ruckweisem Öffnen nicht zur Explosion gebracht werden können. Die Vorrichtung ist deshalb von so großem Wert, weil für den Hartgummi in den Ventilen ein gleichartiger Ersatz, der unverbrennlich ist, bisher nicht existiert. *B.*

Eine neue Form eines **elektrischen Relais** hat *G. S. Brown* für die Telegraphie mittels Untersee-kabel konstruiert. An Stelle der bisher üblichen Heberschreibvorrichtung (siphon recorder von *Kelvin)* werden zwei Thermoelemente verwendet, die sich genau in der Mitte von zwei kleinen Alkoholflammen befinden, solange kein Strom zu dem Apparat geht. Wenn aber ein Stromdurchgang erfolgt, bewegen sie sich nach der einen oder anderen Seite, so daß das eine Element heißer, das andere kälter wird und auf diese Weise ein Strom entsteht. Dieser ist 27mal stärker als der erzeugende Strom und ihm genau proportional. Wenn die Stärke des letzteren 30 Mikroampere beträgt, ist der Strom in den Thermoelementen 0,8 Milliampere. Durch diese Stromverstärkung wird das Telegraphieren sehr beschleunigt. So ist die Leistung des deutschen atlantischen Kabels nach New York, wo dieses Relais verwandt wird, um 40 Prozent gesteigert worden. *(Electrician 70*, 526, 1912.) *Mk.*

Bei Untersuchungen über die **Thermokraft des Siliciums gegen Kupfer** haben *Fischer, Lepsius* und *Bueawind* gefunden, daß für Temperaturdifferenzen von 230° bei verschiedenen Siliciumsorten diese elektromotorische Kraft zwischen + 0,133 und — 0,122 Volt schwankt, die Thermokraft des Elementes pro Grad also zwischen + 490 und — 530 Mikrovolt. Hiernach gibt es Siliciumsorten mit hoher positiver und solche mit hoher negativer Thermokraft gegen Kupfer. Diese „positiven" und „negativen" Siliciumarten lassen sich durch Schmelzen ineinander überführen, indem man die Schmelzung unter verschiedenen äußeren Umständen vornimmt. Wahrscheinlich wird Silicium durch Aufnahme von SiO_2 „negativ", und solches negatives Silicium kann durch Entziehung von SiO_2 wieder in „positives" zurückverwandelt werden. Durch Kombination von positivem und negativem Silicium lassen sich Thermoelemente herstellen, die *1000 Mikrovolt Spannung pro Grad* Temperaturdifferenz aufweisen. *(Phys. Z. 14*, 439, 1913.) *Mk.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.